

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CORTE DE LA WILL

LORENA IVONNE PRECIADO MANZANO

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2000**

MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CORTE DE LA WILL

LORENA IVONNE PRECIADO MANZANO

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Industrial**

**Director:
FRANCISCO GONZALEZ CUERVO
Ingeniero Industrial**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2000

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el comité de grado
en cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Corporación Universitaria
Autónoma de Occidente, para
optar al Título de Ingeniera Industrial

FELIPE MURCIA

Jurado

JOSE SAUL HENAO

Jurado

Cali, diciembre del 2000

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ingeniero Francisco González, por su apoyo constante en la realización de este proyecto, y por su deseo de llevarlo adelante.

Al departamento de conversión, a todos los operarios por su colaboración e ideas que aportaron al proyecto en la mejora del corte, en especial al Ingeniero Felipe Patiño, gerente de planta de Papelfibras.

Al departamento técnico, por su apoyo en los conceptos de papel y manejo de laboratorio en pruebas físicas, en especial al Ingeniero Nelson Quiñones por sus valiosos aportes.

DEDICATORIA

*¡Hoy! una etapa más en mi vida....
¡Mañana!, todo un camino aún por recorrer...*

*A Dios por darme la vida y
por estar siempre presente a cada instante,
A mi Madre a quién le debo
lo que soy y lo que tengo,*

*A mi Hermana por
su apoyo incondicional.*

TABLA DE CONTENIDO

<u>INTRODUCCIÓN</u>	24
<u>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO</u>	27
<u>1.1 OBJETIVOS</u>	27
<u>1.1.1 Objetivo General</u>	27
<u>1.1.2 Objetivos Específicos</u>	27
<u>1.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO</u>	28
<u>1.2.1 Justificación Teórica</u>	28
<u>1.2.2 Justificación Metodológica</u>	29
<u>2. ASPECTOS DE MEJORAMIENTO DE CALIDAD</u>	31
<u>2.1 HERRAMIENTAS DE MEJORAMIENTO</u>	32
<u>2.2 CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO</u>	33
<u>2.2.1 Tormenta de Ideas</u>	35

2.2.2	Diagrama Causa y Efecto	36
2.2.3	Gráficos de Dispersión	37
2.2.4	Gráficos de Control \bar{X} y R	38
2.2.5	Histogramas	40
2.2.6	Capacidad del Proceso	41
3.	CONOCIMIENTO DE LA EMPRESA	43
3.1	HISTORIA DEL PAPEL EN COLOMBIA	44
3.1.1	Propal Planta 1	46
3.1.2	Propal Planta 2	50
3.1.2.1	Departamento de conversión	51
3.1.2.1.1	Descripción	51
3.1.2.1.2	Máquina Cortadora Will	53
3.1.2.1.3	Máquina Cortadora Womako	53
3.2	PROCESO DE MANUFACTURA DEL PAPEL	57
3.2.1	Descripción General Del Proceso	57
3.2.2	Ingenio Azucarero y Preparación de Fibras	59
3.2.3	Planta de Fibra	60
3.2.4	Planta de Pulpa	61
3.2.5	Planta de Recuperación	62
3.2.6	Planta de Blanqueo	63

3.2.7	<u>Proceso de Preparación de la Pasta</u>	64
3.2.8	<u>Maquinas de Papel</u>	66
3.2.9	<u>Terminados</u>	68
3.2.10	<u>Operaciones Adicionales</u>	69
4.	<u>PROCESO DE CORTE EN LA CONVERTIDORA WILL</u>	73
4.1	<u>GENERALIDADES</u>	73
4.2	<u>PRODUCTOS OBTENIDOS</u>	73
4.3	<u>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</u>	74
4.4	<u>FASE DE CORTE, ENVOLTURA Y EMPAQUE DE RESMAS</u>	75
4.5	<u>PROCESO DE PRODUCCIÓN</u>	75
4.5.1	<u>Equipos Utilizados</u>	75
4.5.2	<u>Subdivisión del Proceso</u>	76
4.5.2.1	<u>Desenrollado y Alimentación</u>	77
4.5.2.2	<u>Corte</u>	78
4.5.2.3	<u>Empaque de Resmas</u>	81
4.5.2.4	<u>Paletizado y envoltura de plataformas</u>	82
4.5.3	<u>Desperdicios</u>	83
4.5.4	<u>Papel Reprograf</u>	84
4.5.4.1	<u>Características</u>	84

4.5.4.2	<u>Presentación</u>	85
5.	<u>PRUEBAS DE CONTROL REALIZADAS AL PAPEL EN EL PROYECTO</u>	86
5.1	<u>ANÁLISIS DEL CORTE PARA CUCHILLAS CIRCULARES Y TRANSVERSALES</u>	86
5.1.1	<u>Objetivo</u>	86
5.1.3	<u>Procedimiento</u>	87
5.2	<u>ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EVALUADAS AL PAPEL</u>	90
5.2.1	<u>Peso Básico</u>	90
5.2.2	<u>Humedad</u>	92
5.2.3	<u>Calibre</u>	93
5.2.4	<u>Opacidad</u>	94
5.3	<u>ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL PAPEL</u>	96
5.3.1	<u>Porcentaje (%) de Cenizas</u>	96
6.	<u>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</u>	98
6.1	<u>ANTECEDENTES DEL PROBLEMA</u>	98
6.1.2	<u>Problemas de duración de cuchillas</u>	98
6.1.3	<u>Formato de Valores de Corte</u>	102
6.1.4	<u>Cargas del papel</u>	104
6.1.5	<u>Maduración del Papel</u>	105
6.1.6	<u>Valores Críticos de Corte</u>	106

<u>6.1</u>	<u>ANALISIS DEL PROBLEMA</u>	108
<u>6.1.6</u>	<u>Tormenta de Ideas para el análisis del problema</u>	108
<u>6.1.7</u>	<u>Diagrama Causa- Efecto de los altos valores de corte</u>	110
<u>6.1.8</u>	<u>Diagramas de Dispersión entre cantidad de cenizas de papel y valor de corte</u>	112
<u>6.1.8.1</u>	<u>Condiciones del Ensayo No.1 y No. 2</u>	112
<u>6.1.8.2</u>	<u>Resultados del Ensayo No.1</u>	116
<u>6.1.8.3</u>	<u>Resultados del Ensayo No.2</u>	116
<u>6.1.9</u>	<u>Gráficas de Control</u>	117
<u>6.1.9.1</u>	<u>Ensayo realizado con cuatro rollos.</u>	117
<u>6.1.9.1.1</u>	<u>Ensayo No.1</u>	117
<u>6.1.9.1.2</u>	<u>Ensayo No. 2</u>	124
<u>6.1.9.2</u>	<u>Ensayos realizados con cinco rollos</u>	129
<u>6.1.9.2.1</u>	<u>Condiciones de los ensayos</u>	129
<u>6.1.9.2.2</u>	<u>Ensayo No. 3</u>	130
<u>6.1.9.2.3</u>	<u>Ensayo No.4</u>	136
<u>6.1.9.3</u>	<u>Análisis de las Gráficas de Control \bar{X} - R</u>	146
<u>6.1.10</u>	<u>Distribución y variabilidad de los valores críticos de corte.</u>	153
<u>6.1.10.1</u>	<u>Medidas de Tendencia Central</u>	153
<u>6.1.10.2</u>	<u>Distribución de Frecuencia de los valores de corte</u>	157
<u>6.1.11</u>	<u>Capacidad del proceso de corte.</u>	163

6.1.11.1	Proceso de Corte con Cuatro Rollos	163
6.1.11.2	Proceso de corte con cinco rollos	167
7.	LOGROS DEL PROYECTO	171
7.1	ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN	172
7.1.2	Con cuatro rollos	172
7.1.3	Con Cinco Rollos	173
8.	CONCLUSIONES	179
9.	RECOMENDACIONES	182
	BIBLIOGRAFIA	184
	ANEXOS	186

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1	Análisis de Corte de la Compañía Xerox	106
Tabla No. 2	Calificación de los Valores de Corte	107
Tabla No. 3	Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 1	118
Tabla No. 4	Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 2	119
Tabla No. 5	Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 2	125
*	Durante este ensayo no se presentaron cambios de cuchillas circulares.	125
Tabla No. 6	Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 2	126
*	Durante este ensayo no se presentaron cambios de cuchillas transversales.	126
Tabla No. 7	Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 3	132
Tabla No. 8	Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 3	133

Tabla No. 9 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 4	137
Tabla No. 10 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversal. Ensayo No. 4	138
Tabla No. 11 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 5	142
Tabla No. 12 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 5	143
Tabla No. 13 Datos de los valores críticos de corte de las siete cuchillas circulares	156
Tabla No.14 Datos de los valores críticos de corte de las cuchillas transversales	157
Tabla No. 15 Distribución de Frecuencia de los valores de corte con cuchillas circulares.	158
Tabla No. 16 Distribución de Frecuencia de los valores de corte con cuchillas transversales.	160
Tabla No. 17 Capacidad del Proceso con cuatro rollos	166
Tabla No. 18 Capacidad del Proceso con cinco rollos.	169
TABLA No. 19 Análisis del comportamiento de las cuchillas circulares con cuatro y cinco rollos.	176
Tabla No.10 Especificaciones técnicas del Papel	177

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico No. 1	Diagrama Causa-Efecto	111
Gráfico No. 2	Diagrama Dispersión Ensayo 1.	114
Gráfico No. 3	Diagrama Dispersión Ensayo 2	115
Gráfico No. 4	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo 1.	122
Gráfico No. 5	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales. Ensayo 1.	123
Gráfico No. 6	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo 2.	127
Gráfico No. 7	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales. Ensayo 2.	128
Gráfico No. 8	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo 3.	134
Gráfico No. 9	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales. Ensayo 3.	135
Gráfico No. 10	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo 4.	139
Gráfico No. 11	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales. Ensayo 4.	140
Gráfico No. 12	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo 5.	144
Gráfico No. 13	Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales. Ensayo 5.	145

Gráfico No. 14 Histograma de los Valores Críticos de Corte de las Cuchillas Circulares.

161

Gráfico No. 15 Histograma de los Valores Críticos de Corte de las Cuchillas Transversales.

162

Gráfico No. 16 Eficiencia en toneladas procesadas

178

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1	Línea de producción de la máquina cortadora Will	55
Figura No. 2	Máquina Cortadora Will y BackStand	56
Figura No. 2	Proceso general del papel	58
Figura No. 4	Presentación de las Resmas Reprograf	85
Figura No. 5	Procedimiento para el Control de Corte de las resmas de la Cortadora Will	88
Figura No. 6	Cuchillas Circulares	100
Figura No. 7	Cuchilla Transversal	101

LISTA DE ANEXOS

- Anexo No.1 Diagrama de Desenrollado y Alimentación de la Will.
- Anexo No.2 Diagrama de Flujo de Corte.
- Anexo No.3 Equipo de Medidor de Perfiles de Corte.
- Anexo No.4 Formato Existente de Factores de Corte.
- Anexo No.5 Cartas de Control para cuchillas de la Cortadora Will.
- Anexo No.6 Formato Modificado de Factores de Corte.
- Anexo No.7 Bordos del corte de las hojas para cuchillas circulares y transversales.
- Anexo No.8 Relación de la composición del papel y el corte.
- Anexo No.9 Formato de recolección de datos.

GLOSARIO

Resmillas: Llamadas también Resmas. Es el conjunto de 500 hojas que vienen en diferentes tamaños; carta, oficio, o extraoficio, las cuales se empacan en papel esmaltado para protección del medio exterior. Se utilizan para diferentes labores de oficina y fotocopiado.

Reprograf: Es la marca comercial de las resmas utilizadas para fotocopadoras de alta y media velocidad, y para uso de oficina.

Conversión: Es el proceso de convertir rollos de papel en hojas de tamaño designado por el cliente como carta, oficio o extraoficio o en otros tamaños

dependiendo de lo solicitado. Este proceso lo realiza una máquina convertidora mediante un sistema de cuchillas circulares y transversales.

Will: Es el nombre de la máquina convertidora de resmas.

Back-Stand: Sistema de portarollos, llamados también Soportes Traseros, donde son colocados los rollos para desenrollar.

Carbonatos de Calcio: Son minerales químicos, que se utilizan como relleno en el papel para otorgarle propiedades físicas como opacidad. Los carbonatos de calcio que se utilizan en el papel son PCC y GCC.

Opacidad: Es una propiedad física del papel para no permitir ver por una cara lo que está escrito o impreso por la otra. Resistencia al paso de la luz.

Broke: Es el papel que por algún tipo de rechazo de calidad o desperdicio, va nuevamente al proceso de papel, convirtiéndolo en pulpa mediante desintegradores.

Refile: Son tiras de papel las cuales salen de la cortadora por las cuchillas 1 y 7 correspondientes a los extremos de los rollos, que son extraídas por ductos de succión y van a un cuarto de desperdicio que finalmente se convierten en broke.

Cuadernillo: Es el paquete de 500 hojas o resma que salen de la caja de compaginado que luego son transportadas por una banda para su envoltura. De la cortadora Will salen 6 cuadernillos.

Caja de Compaginado: Es el sistema en el cual se agrupan y se alinean las 500 hojas para formar los cuadernillos.

RESUMEN

El propósito fundamental de este proyecto consiste en obtener una mayor productividad en el proceso de conversión (elaboración de resmillas), efectuando mejoras a algunas variables que están impidiendo un bajo rendimiento del corte.

Uno de los principales problemas que se presenta en el área de conversión es la baja duración de las cuchillas, cuya causa se genera a raíz de varios factores, los cuales intervienen en el proceso, como son; los procedimientos de afilados, calibración y operación de las cuchillas, al igual que los componentes abrasivos (Carbonatos de Calcio y Bagazo) del papel que provocan desgaste a las cuchillas.

Describiendo un poco el proceso de conversión; los rollos de papel son convertidos en resmillas que son envueltas y empacadas en cajas. El papel en resmillas se presenta en tres tamaños diferentes; carta, oficio y extraoficio.

El proceso comienza cuando los rollos son desenrollados y alimentados a la máquina cortadora WILL, la cual realiza el proceso de corte de papel, por medio de un sistema de siete cuchillas longitudinales y dos transversales. La máquina WILL realiza buenos corte de calidad cuando es alimentada con 4 rollos de papel, sin presentar cambio de cuchillas; en el momento en que se desea aumentar la producción de resmillas mediante la adecuación del quinto rollo, los valores críticos de corte aumentan, que en ocasiones superan los valores específicos de calidad y además genera un rápido desgaste en las cuchillas. Las variables que se controlan para lograr mantener la calidad aceptable en los cortes, están determinados por: el material de las cuchillas, el afilado de las cuchillas, método de operación de la máquina, la abrasividad del papel, medición de corte entre otras causas.

El objetivo primordial de este proyecto consistió en evaluar las variables del papel en cuanto a su composición que ocasionan abrasividad a las cuchillas, al igual que los métodos de medición del corte, para así lograr aumentar la eficiencia en toneladas cortadas y poder satisfacer las especificaciones de calidad hacia el cliente.

Para lograr normalizar el proceso a cinco rollos, se realizaron una serie de ensayos en el papel Reprograf utilizado en conversión, donde los cambios estuvieron centrados en el contenido de cargas procurando no alterar las propiedades finales del producto.

Todo esto basado en una serie de técnicas estadísticas que llevaron a atacar las causas de los diversos problemas y deficiencias, con el propósito de mejorar el sistema de corte de la máquina WILL, encaminado a la necesidad de aumentar la productividad condición necesaria para poder competir y sobrevivir en los mercados.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la calidad tanto de los procesos como de los productos va encaminado siempre hacia la optimización de la productividad, la cual le permite a una empresa ser más competitiva y por ende obtener mayores márgenes de utilidad.

Pero no solo con el incremento de la calidad y la productividad se obtiene un beneficio, también se ven favorecidos los clientes, ya que se les puede ofrecer un mejor producto o servicio a un menor precio.

Para el mejoramiento del sistema de corte de la máquina Will, se recurrió a la aplicación de una serie de herramientas, las cuales permitieron analizar las causas o variables que influyen en el proceso de conversión, y que originan un bajo rendimiento de las cuchillas en el momento de corte.

Dentro de las variables encontradas en este proyecto, solo se orientó hacia la calidad del papel, teniendo como antecedentes estudios anteriores realizados por la misma empresa que sirvieron como base para realizar las respectivas mejoras y poder obtener una buena eficiencia en el proceso de conversión.

Para el análisis de estas variables se basó en una serie de técnicas, que mediante el control estadístico del proceso permitieron encontrar las causas que están alterando la calidad en el corte de papel y poder dar soluciones cuantitativas al problema, mediante las técnicas de diagnóstico que apoyan la localización de los orígenes del problema y de las técnicas descriptivas para ayudar en la solución.

El control estadístico del proceso es una herramienta útil para comunicar información al personal de ingeniería, de operaciones del producto y de control de calidad. Puede también ayudar en la reparación de desperfectos, solución de problemas y en la toma de decisiones. Los elementos principales de un marco exitoso del control estadístico del proceso, son: un análisis para entender el proceso, los métodos para medir el proceso y el liderazgo para cambiar el proceso.

En el desarrollo de este estudio se emplearon las siguientes técnicas estadísticas: las cartas de control para el seguimiento del proceso, el diagrama causa-efecto para diagnosticar el problema, histogramas donde muestra la variabilidad del proceso, diagramas de dispersión donde analiza la relación entre las variables del papel y valores de corte y finalmente un análisis de la capacidad del proceso el cual determina si los productos cumplen con las especificaciones.

El papel utilizado en el proceso de corte de la máquina Will, y está diseñado especialmente para máquinas fotocopadoras de alta velocidad. Las mejoras que se le realizaron permitieron aumentar la producción en el proceso de conversión sin alejarse del cumplimiento de todas las especificaciones tanto físicas como químicas del papel, para que el cliente obtenga un producto de calidad y que satisfaga sus necesidades.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Lograr una eficiencia mayor a 1000 toneladas procesadas en la cortadora WILL sin realizar cambio de cuchillas, operando con cinco rollos, y manteniendo los estándares de calidad en corte, basado en un análisis de la composición del papel.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ❖ Determinar las causas que puedan ocasionar problemas de calidad en el corte de resmas dentro del Proceso de Conversión de la Cortadora WILL.
- ❖ Analizar las propiedades físicas y químicas del papel que aportan abrasividad a las cuchillas en el momento de corte.

- ❖ Llevar una estadística del porcentaje de cenizas por lote de papel y compararlo con el grado de eficiencia por tonelada procesada.
- ❖ Manejar estadísticas por cambio de cuchillas circulares y transversales por tonelada procesada.
- ❖ Evaluar la calidad en el corte de cuchillas circulares y transversales por lote de fabricación mediante Gráficos de Control de Proceso.

1.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.2.1 Justificación Teórica

Mediante ésta investigación se pretende encontrar las variables que de una u otra forma puedan afectar la calidad en el corte de papel, cuando la producción se aumenta a 5 rollos.

Cuando la máquina WILL se alimenta con 4 rollos, el promedio por tonelada de papel procesada alcanza los 600 a 800 toneladas, al incrementar a 5 rollos la eficiencia de

cerca de 1000 toneladas procesadas es muy baja, por lo que la calidad en el corte se pierde.

Con el aumento de la producción en el proceso de conversión, es inherente en la operación un deterioro paulatino de las cuchillas, a pesar de que se controle las variables que estén afectando el corte, como el ángulo de corte, el material de las cuchillas, la velocidad de la máquina entre otras.

Las causas por las cuales no se tiene corte de calidad cuando se aumenta la producción, son posibles aspectos referentes al material que está cortando. Para normalizar el ensayo con cinco rollos se realizaron seguimientos de los cambios y características del papel, así como los rollos de diferentes lotes de fabricación, para poder determinar con precisión cuáles son los parámetros que se deben atacar y así lograr un corte bajo los estándares de calidad.

1.2.2 Justificación Metodológica

Para lograr normalizar el ensayo a 5 rollos, se acude al empleo de un conjunto de técnicas como el Control Estadístico del Proceso, que se utilizaron para mejorar el sistema de corte de la máquina WILL, todo esto encaminado a la necesidad de

aumentar la productividad, llevando a atacar las causas de los diversos problemas y deficiencias.

Estas técnicas incluyen:

- ❖ Tormenta de Ideas
- ❖ Análisis del Proceso
- ❖ Análisis de Causa Efecto
- ❖ Diagramas de Dispersión,
- ❖ Histogramas
- ❖ Gráficas de Control del Proceso
- ❖ Análisis de la capacidad del proceso.

De acuerdo a los objetivos planteamos en la investigación, se pueden encontrar las soluciones a los problemas de la calidad del corte cuando aumentamos la producción, y los factores en la composición del papel.

De igual manera, las herramientas estadísticas nos ayudarán a identificar las causas que estén alterando la productividad, y posiblemente poder controlarlas. Se estudiarán valores de los cortes, así como el seguimiento de la composición del papel Reprograf.

2. ASPECTOS DE MEJORAMIENTO DE CALIDAD

Para toda empresa fabricante de productos o de servicios, la calidad debe ser el objeto principal; pero no podrá participar en un programa de mejoramiento de calidad sino cuenta con normas para la acción que estén basadas en la aplicación de técnicas estadísticas.

Es por ello que el sistema de control estadístico de la calidad es una parte muy importante dentro del control total de la calidad, con referencia específica a la responsabilidad de la Gerencia en el conocimiento de esta metodología.

Al mejorar la calidad trae como beneficios importantes para las empresas pues se ven reflejados en una disminución de desperdicios, de errores, de retrasos de producción, de productos defectuosos, que en gran medida permiten mermar la devolución de artículos, las quejas de los clientes entre otros. De igual manera se reducen los costos, tiempos innecesarios y el reproceso de productos.

Con el incremento de la calidad y en consecuencia de la productividad se ven favorecidos no solo los gerentes de calidad y de producción sino también los clientes ya que se les puede ofrecer un producto de mejor calidad y a menor precio.

2.1 HERRAMIENTAS DE MEJORAMIENTO

La herramienta esencial para la investigación de un problema industrial encaminado siempre hacia el mejoramiento de la calidad, es sin duda la realización de una serie de análisis basado en un proceso de medición generando datos, que posteriormente son comprimidos, transformados en gráficas y finalmente analizados e interpretados para generar un diagnóstico técnico centrado en conclusiones y recomendaciones.

Todo proceso requiere con el tiempo un mejoramiento continuo, el cual le permite a una industria ser más competitiva en los mercados y por ende incrementar su productividad. Sin duda alguna para lograr este mejoramiento se requiere ante todo conocer los problemas que están afectando la producción y lograr idear la estrategia para atacarlos, conformando un buen trabajo en equipo que permita construir soluciones.

Dentro del proceso de corte se presentan resultados fluctuantes cuando se pretende analizar la característica de calidad, consecuencia de un sistema de causas comunes de variación que son inherente al proceso.

Existen igualmente variaciones en la materia prima que se corta como las cantidades de carbonatos o cargas, en la distribución de las fibras, la humedad, el calibre y el

peso básico del papel. Otra causa involucrada en el descenso de la calidad de corte, es el proceso de afilado, provocada en ocasiones por las propiedades del líquido refrigerante, cambios en la temperatura y velocidad de la máquina, etc. Estos aspectos referentes a la máquina no se tendrán en cuenta para el estudio, solo se encamina hacia las propiedades físicas y químicas del papel.

2.2 CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

El control estadístico del proceso, tiene como principal objetivo mejorar cualquier proceso productivo. La presentación se hace en forma gráfica donde se involucran los datos relacionados del proceso. Al hacer uso de esta técnica la industria tiene ventajas como son; las mejoras continuas de mantener la calidad, productividad, se reduce la complejidad de los procesos, proporcionar un lenguaje común interno para administración, control, aseguramiento de la calidad, operaciones para analizar problemas, soluciones, decisiones y acciones.

Las soluciones sistemáticas necesitan primero de una conceptualización guiada, después del acopio de los datos, y por último la acción correctiva directamente ligada con la información, esto se logra únicamente si existe una atmósfera de comunicación abierta encaminada a una mejora efectiva de la calidad.

El sistema de control estadístico de la calidad proporciona la base de acción más efectiva para determinar el nivel de responsabilidad por la mala calidad de un producto o servicio, especialmente en lo relacionado a la variación del material defectuoso, altos costos de calidad, baja productividad, aumento de quejas y reclamos, etc.

Algunas herramientas estadísticas para contextualizar el control estadístico del proceso son:

Tormenta de Ideas

Diagrama Causa-Efecto

Gráficos de Dispersión

Gráficos de Control

Histogramas

Capacidad del Proceso

La bondad de estos esquemas radica en:

- a) La utilización del potencial creativo de quienes tienen relación directa o indirecta con el problema, permitiendo el desglose en factores, subfactores y detalles causales que inducen a un análisis más profundo.

- b) La sinergia del esfuerzo disciplinado en un grupo, que permite centrar la atención en las causas más que en los síntomas.

2.2.1 Tormenta de Ideas

Es una técnica que consiste en dar oportunidad a todos los miembros de un grupo reunido, para opinar, sugerir, o cuestionar sobre un tema determinado, ya sea un problema o un plan de mejoramiento.

En el ambiente laboral, todos tenemos conciencia de la existencia de problemas generados por algún factor del proceso que afecta de alguna manera, la calidad, la productividad o la eficiencia de la unidad productiva. La tormenta de ideas o lluvia de ideas es una valiosa herramienta cuando no se tiene información precisa de las causas y posibles soluciones.

2.2.2 Diagrama Causa y Efecto

Esta metodología de análisis fue inventada por el Dr. Kauro Ishikawa en 1950 y por tal motivo, el diagrama se conoce también como diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pescado, por su forma.

El diagrama es muy sencillo y fácil de usar, se puede utilizar en actividades de control de calidad, como en otros campos de la empresa para resolver problemas, sus objetivos son:

- a) Estimular la generación de ideas.
- b) Transcribir, registrar las ideas presentadas durante una sección de Tormenta de Ideas.
- c) Organizar y analizar información causal de un problema, relacionando factores y subfactores productivos con el efecto observado.

El diagrama se divide en dos partes principales; en la parte izquierda se encuentran las causas y en la parte derecha los efectos. Partiendo de la misma flecha principal de causa efecto se dibuja de 4 a 6 ramas, las cuales contienen las causas principales,

que a su vez cada una de estas se subdividen en muchas causas menores o subcausas.

2.2.3 Gráficos de Dispersión

Los diagramas de dispersión son una clara muestra de la existencia entre dos variables (X e Y), de las cuales se intuyen hay una relación directa, indirecta o nula entre ambas.

Para definir la correspondencia entre las dos variables, se recurre al cálculo del Coeficiente de Correlación, r , mediante el método de los mínimos cuadrados, que dependiendo de su resultado se concluye si la relación es positiva o negativa, o no existe correlación.

Una correlación positiva se observa cuando tanto X como Y crecen (el valor de r es aproximadamente igual a 0.90), una correlación negativa (el valor de r es igual -0.9) ocurre cuando X crece e Y disminuye; sin correlación (el valor de r están entre -0.5 y 0 o cercanos a cero), cuando los puntos en la gráfica están dispersos y sin ningún patrón u orden aparente.

Los diagramas de dispersión desarrollados en este proyecto permitieron conocer la relación en las variables del papel determinadas por las cargas y el corte.

2.2.4 Gráficos de Control \bar{X} y R

Esta metodología, fue aplicada inicialmente por W.A. Shewart, en el desarrollo de las técnicas de control de calidad que él estableció en los laboratorios Bell Telephone, durante las décadas de 1920 y 1930. Este tipo de gráficos es el más utilizado en la industria para el control estadístico de calidad de características variables.

La teoría en la cual se basan estas técnicas es dividir la producción en subgrupos racionales tales que, dentro de cada uno de ellos esté actuando un mismo sistema de variación, impidiendo la elaboración de productos defectuosos.

El proceso de medición es fundamental, puesto que con los datos, se determina el comportamiento de la variabilidad asociada al problema que investigamos.

En todos los procesos industriales, existe variabilidad, variabilidad que es inherente al proceso mismo y que es de especial importancia en procesos repetitivos.

Un patrón de variación estable proviene de causas aleatorias o comunes, mientras que un patrón de variación errático es producido por causas especiales asignables.

La variación en los procesos proviene de la interacción de factores endógenos del proceso como son la máquina, el material, el operario, los métodos y el medio.

La carta de control es un método gráfico que permite establecer cuando un proceso está bajo control, y cuando actúan sobre él causas asignables de variación que lo desestabilizan transformándolo en una patrón de variación errático.

La idea básica de una carta de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre el tiempo de una variable de un producto, o de un proceso, con el propósito de distinguir en tal variable sus variaciones debidas a causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles).

Existen dos tipos generales de cartas de control: para variables y para atributos. Las primeras se aplican a variables (o características de calidad) de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición para medirse como peso, volúmenes, longitudes, temperaturas, etc. Las segundas son características de calidad que no son medidas bajo un instrumento de medición, sino

que resultan de juzgar el producto como conforme o no dependiendo de ciertos atributos.

Las gráficas de control por atributos o gráficas de promedio (\bar{X}) y rangos (R), resultan ser las más adecuadas para el análisis del proceso de corte, determinando su comportamiento a medida que ocurre el proceso de desgaste, involucrando además la vida útil de éstas y confrontando su variación con las características inherentes del material que se corta.

2.2.5 Histogramas

Los histogramas pueden servir a manera de verificación rápida de los diferentes puntos dentro un proceso con el fin de determinar dónde ocurre la cantidad más grande de variación en el proceso o dónde se han excedido las especificaciones.

Los histogramas muestran la distribución de frecuencia o la forma como están agrupados los datos con el propósito de conocer como se encuentra distribuidos los valores que arroja un proceso. La forma de esta distribución es vital para resolver problemas del control de calidad.

El histograma describe las variaciones presente en el proceso. Sirve para:

- ❖ Definir la capacidad o habilidad del proceso.
- ❖ Comparar lo obtenido con las especificaciones.
- ❖ Darse una idea de la forma de la población.
- ❖ Indicar las discrepancias de los datos, como por ejemplo, saltos o vacío.

Los histogramas que se realizaron en este estudio, solo se evalúan para el ensayo con cinco rollos, con el fin de visualizar si el material cortado (al cual se le realizaron mejoras durante el proyecto), y el proceso de conversión de resmillas está bajo los límites de tolerancia exigidos, y por otro lado analizar en que forma se encuentran distribuidos los valores de corte.

2.2.6 Capacidad del Proceso

Es de gran importancia conocer si un proceso generará productos que cumplan con las especificaciones establecidas tanto de Control de Calidad como las estipuladas por el cliente. Esta consideración se orienta a lo que se denomina el Análisis de la Capacidad de un Proceso.

La capacidad de un proceso está relacionada con la variabilidad inherente, evidenciando la naturalidad con se fabrican los productos. Esta variedad permite medir la uniformidad o estabilidad del proceso a que cumpla con los estándares de calidad. Además la capacidad del proceso establece el rango dentro del cual se espera que ocurra la variabilidad en un proceso que está en control. Este análisis se usa para:

- (1) satisfacer los estándares y las especificaciones,
- (2) establecer estándares nuevos o modificar los actuales y
- (3) para construir las gráficas de control de procesos.

La capacidad del proceso de corte se determina a partir de los gráficos de control, donde se conocerá mediante una comparación de los límites específicos establecidos con los límites reales que arroja el proceso, si los cortes de las resmas se encuentran dentro de estos parámetros de calidad y si el proceso puede o no arrojar productos que estén bajo control.

3. CONOCIMIENTO DE LA EMPRESA

La Productora de Papeles S.A. Propal es una sociedad anónima de carácter industrial y comercial, cuyo objetivo principal es la fabricación, distribución y venta de papel y de sus materias primas y derivados. Adicionalmente al suministro de papeles de impresión y escritura para el mercado colombiano, Propal ha venido atendiendo mercado externos mediante un plan de exportaciones dirigido a varios países de Latinoamérica, Estados Unidos, Canadá y el Caribe. Su experiencia en los mercados externos le ha permitido generar divisas al país y un buen reconocido prestigio y aceptación por la calidad y variedad de sus productos.

Conjuntamente a su continuo desarrollo y crecimiento, Propal mantiene un fuerte compromiso con la preservación del medio ambiente. Para esta importante política corporativa, la empresa ha hecho significativos esfuerzos económicos, técnicos y humanos, convirtiéndose en pionera del control y de la lucha contra la contaminación ambiental.

En el futuro Propal S.A., se concibe como líder latinoamericano en el mercado de papeles finos de impresión, escritura y especialidades fabricadas a partir del bagazo de la caña de azúcar. Para alcanzar este objetivo, Propal afronta entre otros retos:

mantener y/o incrementar sus niveles actuales de rentabilidad, proveer productos de alta calidad a precios competitivos para un mercado internacional y consolidar una posición competitiva como productor de pulpa de papel no solo a través de una alta productividad y calidad, sino también estableciendo nuevos exigentes estándares competitivos en términos de entregas oportunas y en tiempos más cortos, cumplimiento de especificaciones de clientes, alta flexibilidad y bajos niveles de inventarios.

En Propal se cuenta también con una cultura flexible, en la que se conciben los conceptos modernos de trabajo como un medio eficiente para alcanzar los objetivos de crecimiento y desarrollo. Es así como actualmente se adelantan proyectos, como la aplicación de reingeniería a los procesos, planeación estratégica, que cambian la forma tradicional de hacer y organizar los trabajos, mediante mejores formas de utilización del recurso humano.

3.1 HISTORIA DEL PAPEL EN COLOMBIA

Productora de Papeles S.A., Propal fue fundada por W.R: Grace & Co. de los Estados Unidos el 19 de noviembre de 1957 bajo la razón social de Pulpa y Papel Colombianos S.A. PULPACO, en el municipio de Yumbo, Valle del Cauca. El 11 de octubre de

1958 la razón social se cambió a Pulpa y Papeles Grace Colombianos S.A. PAGRACO. En 1961 se vinculó a la empresa , la internacional Paper Company, compañía líder en la producción de pulpa y papel.

El suministro de papeles de impresión y escritura para las artes gráficas en Colombia, puede ser dividido en dos partes: antes y después de Propal.

Anteriormente a Propal, el mercado doméstico de papel era atendido exclusivamente por proveedores extranjeros, especialmente canadienses y americanos.

Desde entonces, el desarrollo de Propal ha ido paralelo al crecimiento del sector en la forma descrita a continuación:

El 4 de agosto de 1961 tomó su actual razón de Productora de Papeles S.A. Propal, cuyo principal objeto social de la firma es la fabricación, distribución y venta de papeles finos de imprenta y escritura.

3.1.1 Propal Planta 1

Propal inició operaciones el 4 de agosto de 1961 con 2 máquinas papeleras y una capacidad inicial de 36.000 toneladas métricas anuales.

En 1966 se instala una tercera máquina para una capacidad adicional de 72.0000 toneladas.

En 1973 comenzó a operar la planta de recuperación de productos químicos con una inversión aproximada a los US \$12 millones. Esta unidad recupera los químicos, especialmente la soda cáustica y evita la contaminación del río Cauca con un precipitador electrostático.

Hacia el año de 1976 se inauguró la planta de papeles esmaltados con una inversión inicial US \$5.5 millones, y una capacidad instalada de 20.000 toneladas anuales.

En 1979 arranca la caldera número cinco basándose en carbón con una capacidad de 5.000 libras / horas, para eliminar la generación de vapor a partir del ACPM, con una inversión total de US \$6 millones.

En 1980 a través de inversiones constantes orientadas a solucionar actuales cuellos de botellas (incluyendo la reconstrucción de la máquina de papel número uno y número dos), Propal ha sido capaz de aumentar su capacidad instalada a 102.000 toneladas y espera continuar aumentando su capacidad de acuerdo a las necesidades. Además en este mismo año se termina la construcción de dos lagunas de sedimentación para el tratamiento de efluentes inorgánicos.

En 1981 con el objeto de mejorar la calidad, se inició la operación de un sistema de desmedulado de fibra de caña de azúcar en húmedo a fin de mejorar la calidad de la fibra. A sí mismo se dio a servicio el turbogenerador con capacidad de 6.500 a 9.000 KVA que equivalen a un 50% del consumo de la compañía.

En 1982 se modernizó la sección de Terminados. Se adquiere una máquina supercalandria, una rebobinadora de papel y se instala el sistema de transporte y envoltura automática de rollos. Montaje de un tanque adicional para almacenamiento de 200 toneladas de pulpa.

En 1983 en la planta de esmaltados se instalan modernos equipos para la producción de papales y cartulinas gofradas. Se moderniza el control de despachos de rollos mediante un completo sistema de computación.

En 1985 se crea el Centro Litográfico, dotado con la máquina para pruebas de impresión Offset que permite verificar la calidad del papel en las impresoras.

En 1986 se amplía la capacidad de la planta esmaltadora a 42.000 toneladas / año, mediante la instalación de dos nuevos sistemas de aplicación de esmalte. Una calandria para acabado en máquina y una enbobinadora de rollos. Se utiliza la más avanzada tecnología para el proceso de blanqueo de la pulpa por medio de la instalación de una mezclador de cloro gaseoso de alta eficiencia y una cuarta etapa de blanqueo.

Con el propósito de garantizar una eficiente operación en los procesos productivos, brindando una óptima calidad, así como entregas oportunas en los mercados nacional e internacional, Propal realizó durante ese año cuantiosas inversiones. Entre ellas, adquiere especial relevancia la puesta en marcha de la nueva planta convertidora automatizada, en ambiente climatizado y con control de humedad relativa para transformar rollos a hojas tamaño pliego, carta, oficio y extra-oficio.

En 1987 Propal sistematizó totalmente sus procedimientos de servicio al cliente mediante un programa coordinado de pedidos, órdenes de producción, producto terminado y en proceso, despachos e interconexión directa a terminales, instalados

en los distritos de ventas. En ese mismo año alcanzó una capacidad instalada de 120.000 toneladas / métricas por año.

Entre 1987 y 1990 la empresa dio al servicio importantes proyectos para la protección del medio ambiente, instaló un precipitador electrostático del 98% de eficiencia y dos ciclones de alta eficiencia (95%) en las calderas de potencia, para el control de emisiones a la atmósfera. Terminó el montaje de la última fase para el control de contaminación de aguas con una laguna de 14 hectáreas y un moderno sistema de limpieza.

El 24 de agosto de 1990 Propal adquirió la totalidad de los activos de Papelcol. A partir del 1 de enero de 1992 se inició la producción normal en la nueva planta, produciendo en el año 57.000 toneladas. En 1991 la compañía exportó 5.700 toneladas de papeles y con la ampliación de 1992 se exportaron 30.000 toneladas de papeles blancos de imprenta y escritura por un valor de 19 millones de dólares a los mercados de Ecuador, Perú, Venezuela, Centro América, el Caribe y Estados Unidos.

3.1.2 Propal Planta 2

Propal planta 2 (antiguo Papelcol), es una planta integrada para la fabricación de pulpa y papel, usando como materia prima la fibra de la caña de azúcar. Se encuentra localizada en Caloto Cauca, a 25 Km. del sur de Cali y a 5 Km. del municipio de Puerto Tejada.

El diseño e ingeniería de la planta fue realizado por Creusot-Loire (Francia) con asistencia técnica de Jaako Poyry. La tecnología para la manufactura del papel con pulpa de bagazo se basó en plantas papeleras de México.

Papelcol fue diseñada originalmente para una capacidad de producción máxima de 86.000 toneladas / año, pero con algunas adiciones de equipo, la producción puede incrementarse hasta las 120.000 toneladas / año.

Propal planta 2 inició con la fabricación de papeles blancos, se produjeron 58.000 toneladas de papeles finos para imprenta y escritura.

Actualmente produce las siguientes calidades de papel: Bond, Bond Cuadernos, Offset, Formas Continuas, Libros, Fotocopia en el rango de 56 a 90 grs. / m².

Planta 2 despacha a 70 clientes y exporta a 35 clientes de Suramérica y Centroamérica.

La producción promedio de papel para 1993, fue de 212.3 toneladas / día. Para 1995 la producción de papel se espera entre 280 y 300 toneladas.

Operativamente la planta está dividida en 4 grandes áreas: Área de Fibra, Pulpa y Caustificación, Área de Máquinas, Área de Recuperación y Potencia y Mantenimiento y servicios.

Está organizada corporativamente en las áreas de Finanzas, Comercial, Servicio al Cliente, Servicios Técnicos, Ingeniería y Mantenimiento, Relaciones Industriales, Relaciones Públicas y Servicios Generales, las cuales apoyan la operación desde planta 1 en Yumbo.

3.1.2.1 Departamento de conversión

3.1.2.1.1 Descripción

En planta 2 el área de conversión actúa como empresa independiente y a la vez como cliente de Propal, al compra papel en rollos. La razón social de este departamento,

Papeles y Fibras del Cauca S.A., Papelfibras del Cauca, es la de convertir rollos a resmillas, mediante el empleo de dos máquinas cortadoras; la máquina cortadora Womako con capacidad para 2 rollos y la máquina E.C.H. Will con capacidad para 6 rollos.

Se trabaja en tres turnos diarios, cada uno de ocho horas.

La finalidad de este departamento es:

- ❖ La conversión de rollos a resmillas.
- ❖ La envoltura de resmillas.
- ❖ La envoltura de plataformas
- ❖ El empaque de resmillas a cajas.
- ❖ La identificación de los productos finales.
- ❖ El despacho de las cajas a los clientes.

En general, la eficiencia del área de conversión depende de la calidad de la materia prima que recibe, el tamaño de los lotes por formato, grado y de la optimización en los tiempos de proceso.

3.1.2.1.2 Máquina Cortadora Will

La máquina con mayor capacidad que se encuentra en éste área es la Cortadora de Modelo E.C.H. Will (Tipo SLK4808 – No. 07528 1985), que fue adquirida en el año 1985 por la empresa y desde entonces se ha convertido en una de las más importantes fuentes de ingresos para la empresa al producir material en resmillas a bajos costos, de buena calidad y en la cantidad requerida por los clientes.

Esta máquina está diseñada para una capacidad de corte de seis (6) rollos, con un juego de siete cuchillas circulares y dos transversales, mediante el cual se obtienen tres tamaños de resmas; carta, oficio y extraoficio especiales para fotocopiado.

Todas las operaciones donde se involucra el corte, la envoltura y el paletizado de la máquina son procesos semiautomáticos. Es operada por 4 personas por turno.

3.1.2.1.3 Máquina Cortadora Womako

Otra máquina cortadora que se encuentra en el departamento de conversión en planta 2 es la Womako. El objetivo es convertir rollos de papel para fotocopiado en

resmas tamaño carta, las cuales son empacadas en cajas manualmente por tres operarios.

Tiene menor capacidad que la Will, al ser alimentada con dos (2) rollos de tamaño pequeño. Solo la etapa de corte, y envoltura es un proceso semiautomático. Las especificaciones técnicas: Rollos máximo 88 m., Rollo mínimo 66.5 m., Velocidad de diseño 300 m / min.

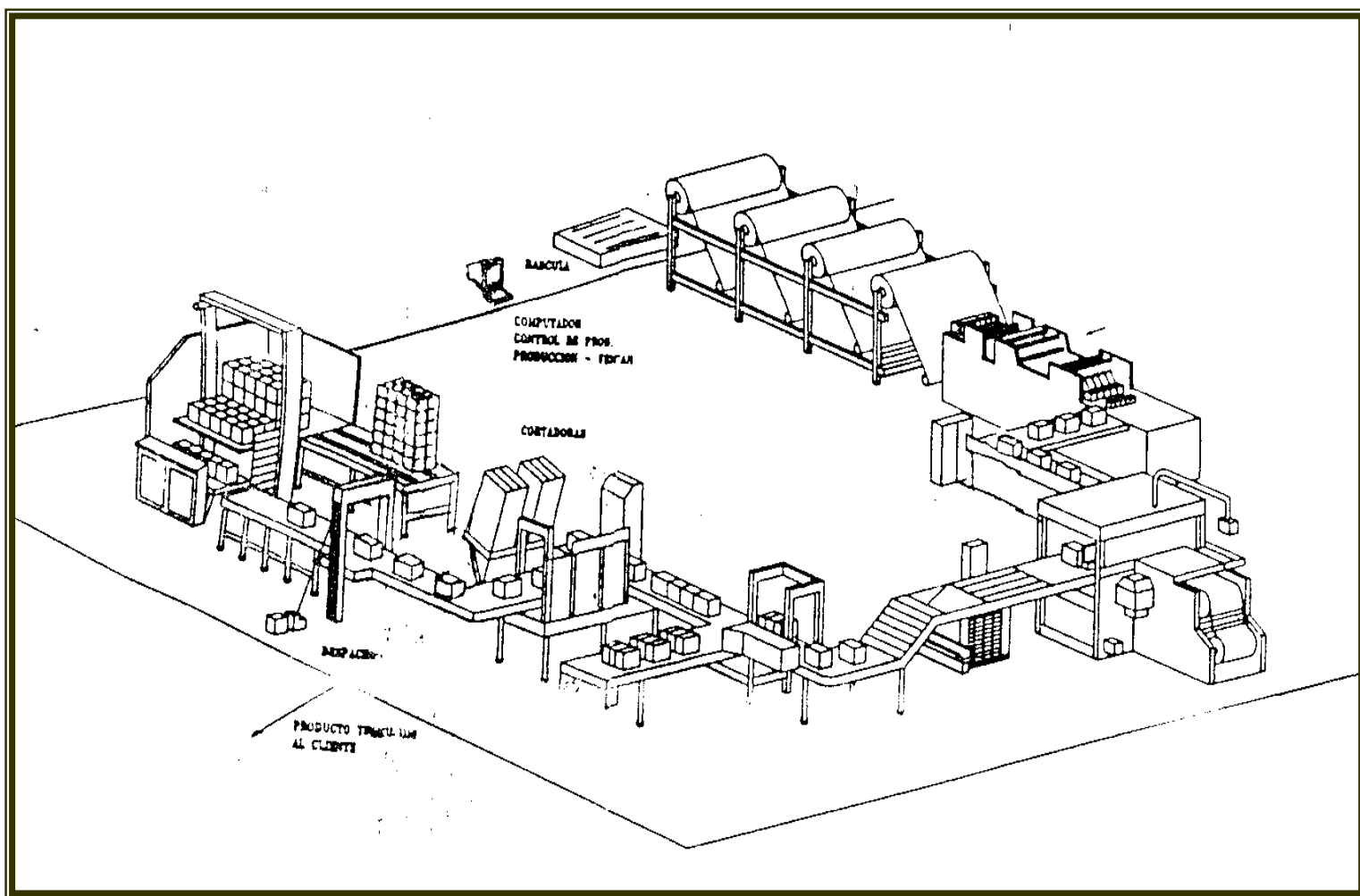
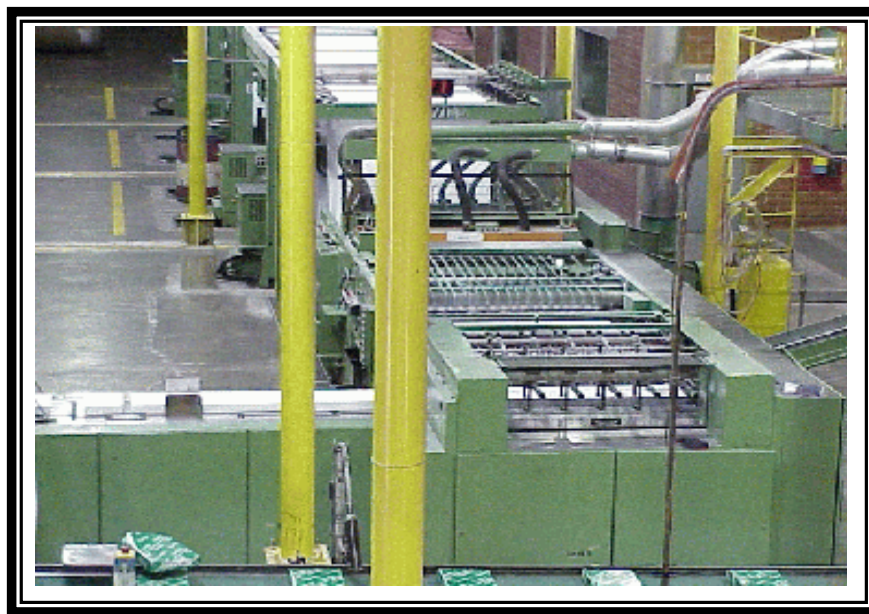


Figura No. 1 Línea de producción de la máquina cortadora Will



BACK STAND DE MAQUINA E.C.H. WILL



MAQUINA CORTADORA E.C.H. WILL

Figura No. 2 Máquina Cortadora Will y BackStand

3.2 PROCESO DE MANUFACTURA DEL PAPEL

3.2.1 Descripción General Del Proceso

En la utilización de la fibra de la caña de azúcar como materia prima para la producción de pulpa y papel se emplea el proceso de la soda, previa separación de la fibra y mediante un proceso de purificación que comprende el lavado y el blanqueo. Del lavado se recupera la materia activa reaccionante o soda cáustica, mediante la unidad de recuperación de productos químicos, materia que se volverá a utilizar en el proceso.

La pulpa lavada purificada y por tanto apta para la fabricación de papel, se mezcla con fibra larga de madera y otros aditivos a fin de darle a la hoja de papel las características físicas de acuerdo a su uso final. La mezcla es diluida y enviada a la máquina de papel en donde la hoja se forma y pierde lentamente humedad a medida que se drena, se prensa y se seca en cilindros calientes. La operación finaliza mediante el embobinado y la terminación del producto de acuerdo a la solicitud del cliente y la debida planeación en la producción de todos los grados conocidos de papeles finos.

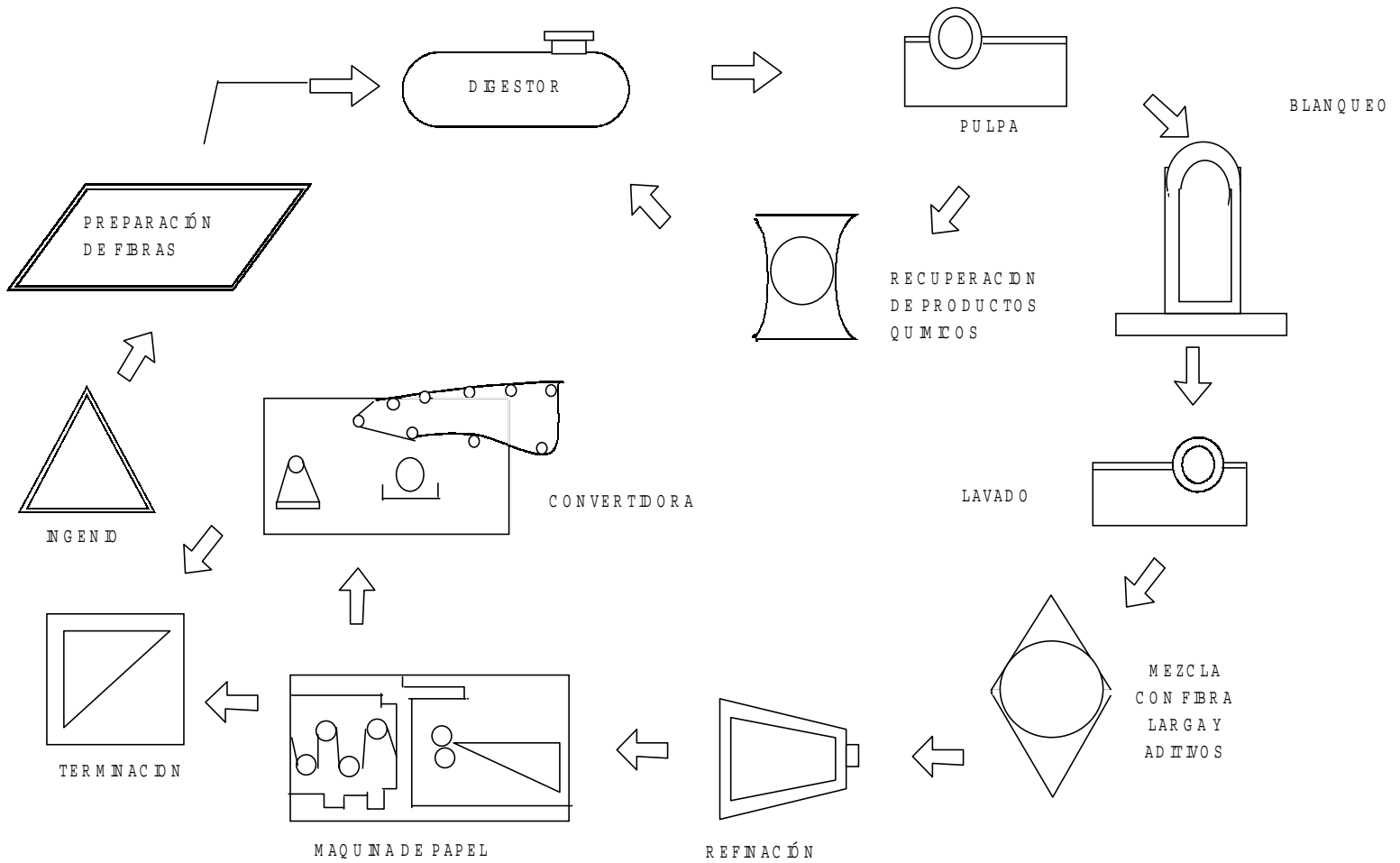


Figura No. 2 Proceso general del papel

3.2.2 Ingenio Azucarero y Preparación de Fibras

La caña es cortada y enviada a una separación longitudinal inicial. El jugo es extraído y clarificado en un tanque; posteriormente, se somete a evaporación para concentrarlo y bajo condiciones controladas se cristaliza en tanques especiales (tacho) y por centrifugación se obtiene el grano o azúcar comercial.

El subproducto obtenido de los trapiches o molinos puede tener cuatro destinos:

- ❖ Enviado directamente a Propal como fibra cruda para su tratamiento de desmedulado.
- ❖ Pretratamiento en una zaranda y después enviado a Propal.
- ❖ Desmedulado en el Ingenio y enviado a Propal como fibra acta o preparada.
- ❖ Como combustible en el Ingenio.

Propal debe sustituir carbón o fuel oil en una cantidad similar al equivalente térmico de la fibra en bruto comprada. Las cuatros alternativas pueden realizarse en el ingenio Mayagüez, 3 en Manuelita y 2 en el ingenio Providencia.

Fuera de la industria papelera, la fibra de la caña de azúcar también es utilizada en:

- ❖ Fabricación de laminas prensadas utilizadas en la industria de la construcción (ventanas, divisiones, puertas).
- ❖ Elaboración de concentrados alimenticios para animales.

3.2.3 Planta de Fibra

La fibra cruda y tratada recibida de los ingenios se procesa en húmedo a través de un procedimiento cuyos objetivos esenciales son:

- ❖ Desmenuzar los haces de fibra.
- ❖ Separar el polvillo o médula para utilizarlo como combustible.
- ❖ Extraer y separar respectivamente materiales solubles e insolubles para obtener la mejor calidad de fibra.

El proceso para obtener fibra apta es inicialmente de desmedulado en seco, a través de un molino cilindro que permite separar fibra y polvillo, lavado por flotación de la fibra para mover sólidos extraños.

Finalmente, de desmedulado en húmedo, para remover materiales solubles y extraer agua hasta una humedad del 70%. La operación se complementa con el manejo a granel de la fibra en una loza que tiene una capacidad de almacenamiento de 10.000 toneladas.

3.2.4 Planta de Pulpa

La fibra preparada se somete a cocción con soda cáustica y vapor para hacer reaccionar el ligante entre fibras llamada lignina, operación que se efectúa en reactores continuos, denominados digestores.

La fibra obtenida es enviada a un tanque de despresurización donde es diluida y bombeada a un sistema de lavado consistente de tres filtros rotatorios, del cual es extraído el licor llamado licor negro, que después de posterior concentración y mediante combustión en la unidad de recuperación es obtenido un subproducto

denominado licor verde rico en sales de sodio que sometido a un proceso de caustificación permitirá nuevamente su uso en los digestores.

La fibra aceptada después del lavado se pasa a clasificación entres etapas de zarandas y sometidas a limpieza en depuradores centrífugos para eliminar, por gravedad las impurezas de la fibra. La operación es seguida por espesamiento de la pulpa y lavado final en filtros rotatorios.

La pulpa obtenida, cuya fibra es sin blanquear o natural puede continuar su proceso de blanqueo o ser usadas en las maquinas de papel, con destino a la fabricación de papeles sin blanquear o naturales.

3.2.5 Planta de Recuperación

El licor obtenido en el lavado de la pulpa se concentra en evaporadores para alimentar la unidad de recuperación, en donde la materia orgánica se quema como combustible y la materia inorgánica se recupera como un fundido de carbonato de sodio denominado licor verde. Este carbonato disuelto posteriormente se clarifica y se hace reaccionar con cal viva en un apagador de cal reacción que termina en

tanques de retención o caustificadores con la formación de soda cáustica y carbonato de calcio.

El licor resultante llamado también licor blanco se clarifica en un tanque para obtener finalmente soda cáustica, la cual se retorna para la planta de pulpa para la cocción de la fibra.

Los lodos resultantes se mezclan se lavan y más tarde se filtran para hacer calcinados en un horno de cal. El producto primario es cal viva a ser utilizada nuevamente en caustificación para la continuación del ciclo.

3.2.6 Planta de Blanqueo

En esta área mediante un método combinado de remoción total de la lignina y blanqueo se obtiene la pulpa con altos valores de blancura permanente.

La purificación completa de la fibra se obtiene de la reacción de los componentes químicos formados en la etapa cocción que le dan un color característico a la pulpa y comprende las etapas de clorinación, extracción con soda cáustica y oxidación con hipoclorito de sodio.

Esta purificación se logra paulatinamente en cada etapa gracias a la reacción química que se efectúa en las torres de retención a un posterior lavado para eliminar por filtración los productos de cada reacción.

El resultado es una pulpa cuya fibra ha sido liberada de todos los compuestos químicos que le dan un color y que puede ser utilizada en la fabricación de todas las variedades de papeles finos conocidos.

3.2.7 Proceso de Preparación de la Pasta

La pulpa de fibra de caña de azúcar blanqueada o sin blanquear debe ser mezclada con una cantidad variable de pulpa de fibra larga de madera (habitualmente pino), con el objeto de dar resistencia mecánica a la hoja de papel, de acuerdo a su uso final.

La pulpa de fibra larga más usada es el denominado Kraft, conocida por su inherente fortaleza, además que desarrolla baja densidad, buena formación, alta opacidad, buena absorción de tinta y lisura en los papeles para imprimir.

La mezcla debe ser sometida a un proceso de refinación mediante el cual se logra la fabricación, hidratación y corte adecuados para dar una estructura de fibras tal, que garantice el mejor comportamiento físico de la hoja de papel.

Para el proceso de refinación, es utilizado el siguiente equipo:

- ❖ Batidora Holandesa, cuya acción principal es la de abrir o macerar, causando la fibrilación de la fibras.
- ❖ Los Jordán, refinadores cónicos empleados generalmente para cortar la fibra homogenizándola en tamaño. Pueden también ocasionar algo de fibrilación.
- ❖ Refinadores de discos, cortan menos las fibras que la maquinas jordan convencionales.

El método más común para determinar el grado de refinación, es un test consistente en medir la rata de flujo o drenaje de una solución de pulpa procesada.

A la mezcla se adiciona los productos químicos que complementaran las características físicas y químicas del papel. Para tal fin se utiliza materiales no

ferrosos, tales como colofonias saponificadas, alumbre, caolines, dióxido titanio y colorantes.

La pasta se diluye y se selecciona para retener nudos de fibras y otros cuerpos extraños, adicionalmente, se depura, utilizando un equipo de conos centrífugos para eliminar materiales más densos que la fibra, que le permite completar las condiciones necesarias para formar una hoja de papel.

3.2.8 Maquinas de Papel

La formación de la hoja tiene lugar, en nuestro caso, en las maquinas tipo fourdrinier. La mezcla o pasta preparada generalmente pasa al sistema de limpieza centrífuga a la caja de la máquina a una consistencia de 1%. Luego a través de una abertura horizontal, llamada "Slice", la pasta diluida es distribuida sobre una malla, y es allí donde se forma la hoja. La pérdida de agua se realiza paulatinamente por gravedad y por succión, en una proporción aproximada del 20%, operación efectuada por una serie de rodillos o barras o una combinación de ambos, que a su vez sirven de soporte a la malla.

En un viaje sobre la malla, la mezcla pasa seguidamente por una serie de cajas planas o de succión, las cuales por vacío continúan removiendo agua de la hoja ya formada.

Finalmente la hoja pasa sobre un rodillo perforado llamado Couch, siendo retirada de allí con una humedad de cerca del 85%.

La hoja ya formada pasa a una sección de tres prensas en donde se elimina otro 15% de humedad.

Un 60% adicional de pérdida de humedad se logra, mediante contacto directo de la hoja a un grupo de secadores calentados con vapor, hasta la zona de recubrimiento o encolado externo, en donde se aplican mediante el paso de la hoja por dos rodillos, la solución encolante que contiene principalmente almidones y otros productos responsables de la resistencia superficial del papel y su debido comportamiento en la impresión.

El secado se termina con otro grupo de secadores hasta la humedad que requiere cada papel.

Al dejar los secadores la hoja, pasa a través de una pila de rodillos pesados de metal donde es calandrado a presión, obteniéndose la lisura y calibre deseados, según el grado de papel.

La hoja continúa se embobina y se corta, luego de posterior inspección, envoltura e identificación, se despacha en rollos o en hojas.

3.2.9 Terminados

El papel embobinado en rollos puede ser despachados a los clientes o contra su pedido ser cortados en hojas, para lo cual varios rollos son dispuestos en paralelo sobre las cortadoras, optimización la operación.

Una vez cortado en bancos o pilas de hojas, se continúa el refilado en guillotinas y posteriormente, el conteo y envoltura de las resmas para su despacho.

Eventualmente el papel en rollos puede ser también supercalandrado y seguir la rutina de producto terminado, de acuerdo a la conveniencia del cliente.

Además en esta sección se encuentra la máquina Embasadora donde se producen los papeles gofrados en las calidades Royal, Graff, Lino y Rayado.

3.2.10 Operaciones Adicionales

Además de todas las operaciones necesarias para el proceso de fabricación de pulpa y papel, Propal tiene su propia planta de tratamiento de aguas para consumo humano y tratamiento industrial para Calderas.

Con tres calderas que producen 400 mil libras de vapor por hora, Propal tiene capacidad suficiente para autoabastecer sus propias necesidades de vapor, en los procesos de pulpa y papel, incluyendo los planes futuros de expansión que se han previsto de producción.

3.3 PRUEBAS DE CONTROL MÁS COMUNES HECHAS AL PAPEL

Peso básico: O Gramaje, es definido como el peso en gramos de una hoja de un metro cuadrado.

Calibre: Espesor del papel, expresado generalmente en 0.001 de milímetro.

Densidad aparente: Es el peso básico dividido por el calibre en 0.001 de mm expresado usualmente en gr. / 0.001 mm.

Humedad: Es el contenido de humedad absoluta, expresado como porcentaje.

Rigidez: Prueba que indica la fuerza necesaria para doblar el papel.

Reventamiento: Mide la resistencia del papel cuando es sometido a una deformación a través de un diafragma de caucho. Es la resistencia a la tensión en todas las direcciones.

Rasgado: Es la fuerza promedio en gramos, requerida para romper una hoja de papel, una vez se ha iniciado el corte.

Plegado: Habilidad relativa de un papel a resistir el esfuerzo al doblar, cuando es sometido a una tensión específica, a plegados de 180 grados.

Lisura: Prueba que mide el acabado superficial o tersura. Valores bajos indican alta lisura.

Prueba a la tinta: Expresa la característica que tiene el papel de poderse escribir sin que la tinta se disperse.

Blancura: Indica el grado de blancura y es medido como el valor numérico de la propiedad de reflexión de la luz sobre una hoja de papel.

Porosidad: Resistencia del papel al paso del aire. Tiempo en segundos, que tarda en pasar 100 cm^3 de aire a través del papel. Valores bajos indican papel más poroso. Medida del porcentaje de espacios microscópicos que tiene el papel.

Encolado o resistencia a la absorción: Resistencia que presenta el papel al paso del agua a través del mismo. El encolado reduce la velocidad y cantidad de agua que penetra en el papel.

Resistencia a la tensión: Resistencia del papel a la rotura al ser sometido a una tracción uniforme longitudinal.

Elongación: Estiramiento que sufre el papel al ser sometido a una tracción. Se mide como el grado de elasticidad expresado como porcentaje.

Opacidad: Resistencia al paso de la luz. Es la propiedad que tiene un papel para no dejar ver por una cara lo que está escrito o impreso por la otra.

Absorción: Empleado para determinar la absorción de agua del papel y cartón de espesores de 0.102 mm y más.

Cenizas: Determina el residuo después de calcinar el papel. Indica la materia inorgánica presente en un papel.

Desprendimiento: Resistencia al arranque de las fibras superficiales.

4. PROCESO DE CORTE EN LA CONVERTIDORA WILL

4.1 GENERALIDADES

La finalidad del área de conversión es convertir rollos de papel en resmillas, las cuales son envueltas y empacadas en cajas. Las cajas luego son colocadas sobre plataformas de madera y envueltas en polietileno para su despacho de acuerdo al pedido del cliente.

Esta operación es importante porque permite producir material en resmas a bajos costos, de buena calidad y en la cantidad requerida por los clientes.

Dentro de la operación de corte se establecen tres fases importantes; de corte, de envoltura y empaque de resmas.

4.2 PRODUCTOS OBTENIDOS

En este proceso se obtienen tres productos básicos:

- ❖ Hojas tamaño carta de 21.6 x 27.9 cm. (8 ½ x 11 pulgadas)
- ❖ Hojas tamaño oficio de 21.6 x 33.0 cm. (8 ½ x 13 pulgadas)
- ❖ Hojas tamaño extra oficio de 21.6 x 35.5 cm. (8 ½ x 14 pulgadas)

Estos tamaños de hojas son cortados en los siguientes tipos de papel:

- ❖ Bond de 60 y 75 g / m².
- ❖ Reprograf Alta Blancura de 75 g / m².
- ❖ Reprograf de 80 g / m²
- ❖ Láser de 75 y 90 g / m²

4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Ancho del rollo máximo	142.5 cm
Ancho del rollo mínimo	51.0 cm
Diámetro del rollo máximo	152.0 cm
Diámetro del rollo mínimo	20.0 cm
Máximo peso de rollo	3.500 Kg.
Velocidad de diseño	300 m / min.

4.4 FASE DE CORTE, ENVOLTURA Y EMPAQUE DE RESMAS

Los rollos de papel son cortados en resmas, estas a la vez son envueltas con papel impermeabilizado, son etiquetadas, empacadas en grupos de 10 a 20 resmas en cajas de cartón que luego son paletizadas sobre plataformas de madera que son enviadas envueltas en polietileno a los clientes.

La fase de Corte, Envoltura y Empaque de Resmas es importante porque la máquina cortadora es un equipo de alta precisión que con un mantenimiento adecuado y una eficiente operación produce resmas de excelente calidad, con alta productividad y baja pérdidas.

4.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN

4.5.1 Equipos Utilizados

Esta fase de operación comprende los siguientes equipos:

- ❖ Seis Back-Stand (porta-rollos).
- ❖ Una cortadora de resmillas.

- ❖ Una línea de empaque de resmas. Compuesta de:
 - Empacadora de resmillas.
 - 2 unidades de Engomado.
 - 2 Etiquetadoras.
 - Apiladora de Resmas.
 - Empacadoras de Cajas.
 - Paletizadora de Cajas.
 - Sistema de Transportadores.
- ❖ 1 Envolvedora de Stretch de polietileno.

Dentro del proyecto se enfatizó en el sistema de medición del corte de las hojas de las resmas; que hace parte del proceso, requisito fundamental para la toma de decisiones que permite conocer el grado de desgaste de cuchillas y las toneladas producidas.

4.5.2 Subdivisión del Proceso

Esta fase de operación se puede dividir en las cuatro “Subfases Funcionales” siguientes:

- ❖ Desenrollado y Alimentación
- ❖ Corte
- ❖ Empaque de Resmas
- ❖ Paletizado y Envoltura de plataformas.

4.5.2.1 Desenrollado y Alimentación

En la subfase de Desenrollado y Alimentación, los rollos previamente seleccionados y transportados, son montados en los " Back-Stands" o soportes traseros mediante un transportador de patín por elevadores eléctricos, movidos por un motoreductor, para ser desenrollados, tensionados y alineados para su corte.

Después de que el rollo es cargado, el papel es enhebrado a través de un rodillo guía ajustable, pasando la hoja de papel por el rodillo de tensión y continuando por una serie de rodillos hacia la sección de corte. (Ver Anexo No.1).

Las barras decurvadoras aplican presión a la hoja para eliminar cualquier curvatura que permanezca después que el rollo ha sido desembobinado. La cantidad de presión ejercida por las barras decurvadoras aumenta al aumentar la curvatura del papel. Los eliminadores de estática remueven las cargas estáticas en las hojas antes

de que entren en la sección de corte. Esto es necesario para las hojas no se peguen unas con otras en las subfunciones de transporte y compaginado.

En esta parte del subproceso se remueven las pérdidas por rollos con defectos, broke generado por la limpieza del rollo rechazados por calidad, tubos de cartón, tacos, envoltura de los rollos y cubiertas de la cinta de empalmes.

4.5.2.2 Corte

En la subfase de Corte, la función es convertir cuadernillos de papel en resmas de acuerdo a los tamaños descritos anteriormente. El corte del papel comienza cuando las hojas de los rollos son haladas a la sección de cuchillas circulares, compuesta por 7 cuchillas superiores y 7 cuchillas inferiores o anillos. Las cuchillas superiores son levantadas y bajadas por un cilindro de aires, la profundidad de las cuchillas superiores puede ser ajustadas individualmente por medio de la tuerca de ajuste que se encuentra encima de la cuchilla superior y debe ser de 1 mm de profundidad y un cruce de 12 a 14 mm entre las dos cuchillas.

El ángulo de corte entre la cuchilla superior y la inferior para producir cortes suaves en el papel es ajustado por medio de un tornillo prisionero y debe ser de 0.5° ,

quedando la parte delantera de la cuchilla superior tocando el anillo o cuchilla inferior.

Durante el proceso de corte, los anillos mueven las cuchillas utilizando como medio el cuadernillo de papel, el movimiento de este bloque de cuchillas es acelerado dependiendo de la velocidad en que se esté operando la máquina. El mecanismo es movido por una banda estriada de agarre desde el motor principal. El bloque de cuchillas circulares es un mecanismo independiente, colocado sobre la bancada de la máquina, puede ser sacado o removido individualmente por medio de una grúa.

La sección de cuchillas transversales corta las tiras de papel en hojas, esta sección consiste en dos tambores con dos cuchillas sujetas a cada uno.

La unidad de corte transversal es un mecanismo independiente, el cual está colocado sobre una barra transversal dentro de la máquina, puede ser sacada para cambios de cuchillas y de tamaños por medio de una grúa. Esta compuesta por:

- ❖ Cuchilla Superior Giratoria.
- ❖ Cuchilla Inferior Giratoria.

Durante el proceso de corte, ambas cuchillas están operando a la misma velocidad que las hojas de papel, girando a una velocidad constante.

En este subproceso se remueven las pérdidas por refile (Trim), malos cortes y rechazos por calidad. Estos refiles van a los costados de la máquina en la cuchilla No.1 y la cuchilla No.7. Existe un sistema de remoción de refiles y uno para polvo generado por las cuchillas circulares y transversales, consistentes de un ventilador y ductos que retiran estos desperdicios de la cortadora. (ver Anexo No. 2)

Luego que las tiras de papel pasan por el sistema de cuchillas transversales todas son transportadas a una caja de compaginado las cuales son traslapadas unas con otras en la medida que van llegando. Las hojas son alineadas a medida que llegan a la caja de compaginado por el movimiento vibratorio de los empujadores frontal y trasero. Las placas laterales también vibran para ayudar a formar resmas de hojas alineadas.

El grupo de resmas que sale de la sección de compaginado es llevado mediante una banda transportadora a la sección de empaque. Durante este trayecto las resmas son alineadas mediante una placa vibratoria.

4.5.2.3 Empaque de Resmas

En la subfase de Empaque de Resmas el propósito es producir cajas llenas con resmas de hojas de papel. La función de este subproceso es envolver, etiquetar y empacar en cajas las resmas de papel, además etiquetar las cajas que contienen las resmas. En esta parte del proceso se remueven las resmas que presentan problemas en la calidad del empaque.

Las resmas de papel son transportadas desde la subfase de corte al envolvedor de resmas, por medio de una banda donde pasa por una máquina envolvedora. La resma envuelta continúa por el transportador a la etiquetadora de resmas. La etiquetadora aplica una etiqueta autoadhesiva en uno de los extremos de cada resma identificando que producto ha sido empacado.

Las resmas son luego transportadas a la banda de acumulación donde son agrupadas en 6 pilas de cinco resmas cada una, para luego ser pasadas a la etapa de encartonado. La encartonadora de cajas acepta 10 resmas (2 pilas de 5) para formar la caja que luego es tapada y etiquetada, que posteriormente es llevada a la subfase de paletizado y envoltura.

4.5.2.4 Paletizado y envoltura de plataformas

Durante la subfase Paletizado y Envoltura de Plataformas el propósito es producir plataformas de cajas de resmas paletizadas y envueltas. La función de este subproceso de paletizado es acomodar y envolver las cajas de resmas sobre plataformas.

En el sistema de paletizado los transportadores llevan las cajas de resmas desde la subfase de empaque, el paletizador en donde se van acomodando las cajas en una mesa de ensamble o mesa de transferencia. Cuando la mesa de transferencia contiene el número de cajas de acuerdo al programa seleccionado, son descargadas al paletizador que contiene previamente una plataforma de madera.

La plataforma de madera con cajas son automáticamente envueltos y sellados con una envoltura de polietileno en forma de película stretch aplicada por el envolvedor en forma de espiral. Una vez empacada completamente e identificada es retirada a la zona de almacenamiento en la bodega de despacho.

4.5.3 Desperdicios

Los desperdicios incurridos en la fase de corte y empaque de resmas incluyen:

❖ Broke compuesto por:

- Hojas que resultan de la limpieza de rollos.
- Refiles causados en el corte de papel.
- Resmas con problemas de Calidad.

❖ Estos desperdicios generados en el proceso de corte equivalen a un 3% de lo montado en los porta-rollos.

❖ Rollos defectuosos que son rechazados por presentar problemas de calidad. Estos problemas se presentan cuando el material a convertir contiene empalmes, arrugas, ondulaciones, anillos de humedad, que son identificados en las resmas, pues resulta imposible hacerlo cuando el papel está sin convertir.

❖ Los tacos y tubos de cartón que quedan después de que los rollos son consumidos, son enviados fuera del área de terminados para ser reutilizados.

4.5.4 Papel Reprograf

4.5.4.1 Características

Reprograf utilizado en el proceso de conversión, es un papel especialmente diseñado para máquinas fotocopadoras de baja y alta velocidad. Se garantiza un excelente comportamiento estable durante el proceso de copiado, evitando ondulaciones y encocamiento permitiendo altos niveles de eficiencia y rendimiento de la máquina fotocopadora.

Este papel se fabrica dentro de un gramaje en 70 y 75 g / m². Se recomienda utilizar 70 g / m² en fotocopadora de mediana y baja velocidad y 75 g / m² para alta velocidad.

El papel Reprograf está disponible en alta blancura, para producir copias con buen contraste, y en colores amarillo, verde, azul y rosado para diferenciar las comunicaciones.

4.5.4.2 Presentación

Las remas del papel Reprograf vienen en paquetes de 500 hojas cada una, envueltas en papel esmaltado para protegerlas de la humedad.

En el diseño de su envoltura de color verde y franjas blanca lo describen como un papel altamente ecológico, pues su fabricación a partir de fibra de caña de azúcar lo convierten como uno de los papeles en el que Propal promueve la conservación de los bosques naturales.

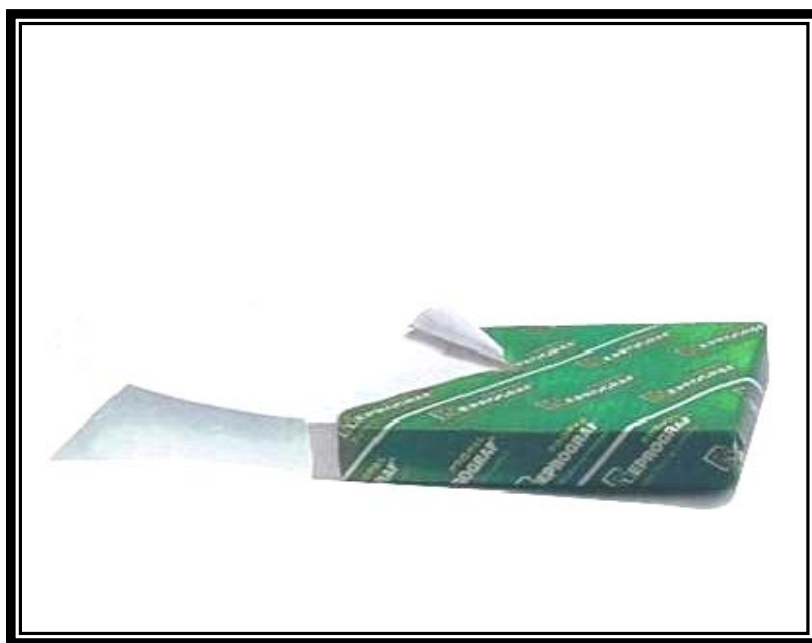


Figura No. 4 Presentación de las Resmas Reprograf

5. PRUEBAS DE CONTROL REALIZADAS AL PAPEL EN EL PROYECTO

5.1 ANÁLISIS DEL CORTE PARA CUCHILLAS CIRCULARES Y TRANSVERSALES

5.1.1 Objetivo

Garantizar que el corte en las resmas a través de muestras periódicas, se encuentre dentro de las tolerancias normales requeridas y de no estarlo, realizar las acciones correctivas necesarias para lograrlo.

5.1.2 Equipo utilizado

El equipo que se utiliza es un Medidor de Perfiles, con un lente de aumento del 40X, que permite ver el borde de las hojas. (Ver Anexo No.3)

5.1.3 Procedimiento

Seleccionar un set completo (6 resmas) que no presente problemas de calidad como ondulaciones o empalmes.

Sin levantar las resmas, contar de la primera hacia abajo hasta la tercera hoja y extraerla marcando de manera consecutiva del 1 al 6 en la medida en que salen de la caja de compaginado.

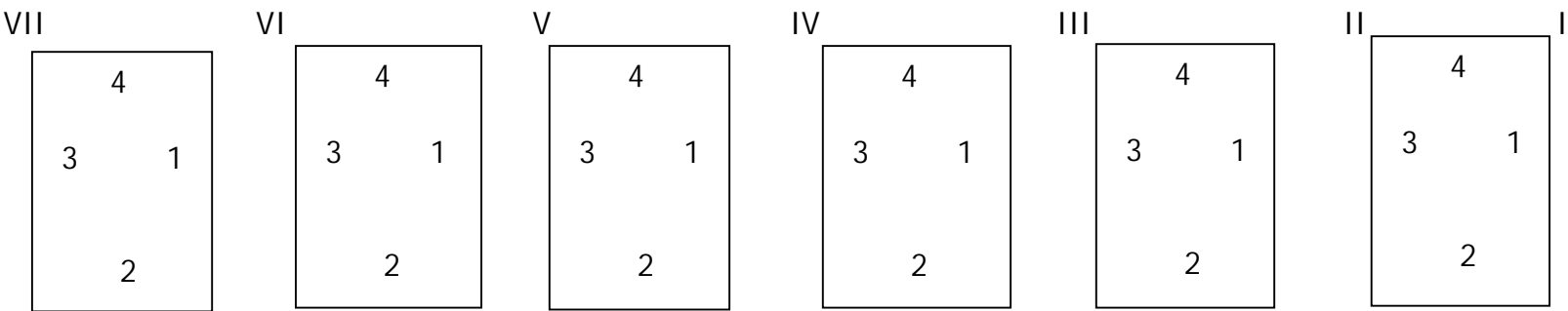
Al mismo tiempo, marcar los bordes de cada hoja del 1 al 4 en el sentido horario, como se muestra en la Figura 4.

Encender el equipo para el control de corte, (observar las partes del equipo en el anexo 3) y procediendo de la siguiente manera:

- Estabilizador (Main Power Switch)
- Pantalla (Screen)
- Esperar a que se encienda el piloto verde identificado como "Ready". (Control Panel).

Limpiar el equipo, especialmente el vidrio guía. (Carrier)

**PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE CORTE DE HOJAS
CORTADORA WILL**



CORDENADAS PARA REFERENCIA DE CONTROL DE CORTE		
CIRCULARES		TRANSVERSALES
CUCHILLA	COORDENADAS	COORDENADAS
I	1,1	1,2 1,4 2,2 2,4 3,2 3,4
II	1,3 2,1	4,2 4,4 5,2 5,4 6,2 6,4
III	2,3 3,1	
IV	3,3 4,1	
V	4,3 5,1	
VI	5,3 6,1	
VII	6,3	

Figura No. 5 Procedimiento para el Control de Corte de las resmas de la Cortadora Will

Montar la primera hoja en el equipo y proceder de la siguiente manera:

- Analizar cada perfil utilizando el lente 40X. (Control Panel).
- Utilizar el acetato de factores de corte superponiéndolo a la pantalla para conocer la dimensión del corte. (Ver Anexo No. 4).
- Escribir el valor de corte del perfil medido en el formato No. 1 para toma de medidas. (Ver Anexo No. 5).
- Repetir este procedimiento por los cuatro lados de cada una de las seis hojas.

Para consignar los datos en la carta de control se procede de la siguiente forma:

1. Para la interpretación de las coordenadas analizar el siguiente ejemplo:

(1,1): Hoja # 1, Lado # 1

2. Para el caso de las cuchillas 1 y 7 el valor a graficar, será dado por una sola coordenada: (1,1) para la cuchilla 1 y (6,3) para la cuchilla 7.
3. Para el caso de las demás cuchillas circulares se tienen dos coordenadas para cada una: (1,3) y (2,1) para la cuchilla No. 2. En estos casos, se toma el valor

- más crítico o Valor Crítico de Corte, que corresponde al mayor valor de las dos coordenadas y se consigna en la carta de control respectivo de cada cuchilla.
4. El valor graficado que corresponde a un promedio de corte de las siete cuchillas; en caso de exceder el límite de control superior de la gráfica, indicará un ajuste, es decir, un cambio en el caso de las cuchillas circulares y recalibración o cambio en el caso de cuchillas transversales si es un caso extremo. La acción correctiva deberá tomarse de forma inmediata por el operador para garantizar un efectivo control del corte.
 5. La carta de control está diseñada para un mes, o para la duración de un conjunto de cuchillas circulares siempre y cuando el reemplazo de cuchillas circulares no supere a 3 cambios por conjunto.

5.2 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS EVALUADAS AL PAPEL

5.2.1 Peso Básico

❖ Definición

Es definido como el peso en gramos de una hoja de papel de 1 m².

❖ **Unidad**

Se expresa en g/ m².

❖ **Muestreo**

De una resma se extraen dos hojas de papel, las cuales se cortan 25 cm de largo x 20 cm de ancho (área de 500 cm²) por medio de una guillotina. Para su determinación y cálculo se basa en la Norma Tappy T410om.

El peso básico se reporta como un promedio del número total de 3 muestras evaluadas.

❖ **Relación con otras propiedades físicas del papel**

A mayor peso básico, mayor calibre del papel.

A mayor peso básico, mayor opacidad del papel.

A mayor peso básico, mayores propiedades de resistencia del papel.

❖ **Efecto para el cliente**

A mayor peso básico, mayor valor de corte.

A mayor peso básico menor rentabilidad en conversión.

5.2.2 Humedad

❖ Definición

Es el contenido de agua en el papel expresado como un porcentaje del peso total o del peso seco de la hoja. Se puede expresar en porcentaje (%) en base seca o porcentaje (%) en base húmeda.

❖ Unidad

% en base húmeda.

❖ Muestreo

Extraer de la mitad de una resmas aproximadamente de 10 a 15 hojas. Introducir las dentro un plástico previamente pesado, amarrándolo con un caucho. Para su determinación y cálculo se basa en la Norma Tappy T502om-89.

Se reporta el valor de humedad como un promedio del número total de 3 mediciones efectuadas.

❖ Relación con otras propiedades físicas del papel

A mayor humedad, menor calibre del papel.

A menor humedad, mayor calibre del papel.

Cambios de humedad producen cambios en la dimensión del papel.

❖ **Efecto para el cliente**

Una humedad no adecuada del papel produce ondulaciones, mal funcionamiento en procesos de conversión, como secado lento de tintas en la impresión, pérdida de propiedades de resistencia y carga estática en el papel. Además si el papel presenta una menor humedad aumenta el valor del corte.

5.2.3 Calibre

❖ **Definición**

Es el espesor del papel. Generalmente se expresa en milésima de pulgadas, o milésimas de milímetro (micras).

❖ **Unidad**

Milésimas de milímetro (micras).

❖ **Muestreo**

De una resma se extrae 1 hoja al azar.

Para medir el calibre se utiliza un equipo denominado Micrómetro.

El valor del calibre de una hoja es arrojado por el equipo, y se expresa en micras (u).
Ver Norma Tappi T411 om-89 para su determinación.

❖ **Relación con otras propiedades físicas del papel**

A mayor peso básico, mayor calibre.

A menor humedad, mayor calibre

A menor %cenizas, mayor calibre.

A mayor refinación de la pasta, mayor calibre.

❖ **Efecto para el cliente**

Dimensiones de la resma, libro y paquetes de hojas o rollo de papel. También afecta la rigidez del papel en el proceso de conversión.

5.2.4 Opacidad

❖ **Definición**

Es la resistencia de la hoja de papel al paso de la luz, minimizando la transparencia de lo impreso o escrito en el reverso y consiste en medir la relación aparente entre la reflexión de un rayo de luz visible sobre el papel puesto encima de una superficie perfectamente negra, a la del mismo papel puesto encima de una superficie perfectamente blanca.

❖ **Unidad**

% (Porcentaje) Grados Photovolt o Technidyne.

❖ **Muestro**

Se toma de una resma una hoja al azar y se mide la opacidad en el equipo denominado Photovolt.

Para su determinación se emplea la Norma Tappi T425om-91.

El valor de la opacidad, lo arroja el equipo de medición mediante un promedio de 5 mediciones realizadas.

❖ **Relación con otras propiedades físicas del papel**

A mayor % cenizas, mayor opacidad del papel.

A mayor refinación de la pulpa, mayor opacidad del papel.

Una formación más cerrada de la hoja aumenta la opacidad del papel.

A menor encolado superficial, mayor opacidad del papel.

❖ **Efecto para el cliente**

Contraste del impreso por la otra cara de la hoja (Transparencia).

5.3 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL PAPEL

5.3.1 Porcentaje (%) de Cenizas

❖ Definición

Es el porcentaje en peso de la muestra inicial del papel que queda después de la combustión completa del papel a $900\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las cenizas del papel indican su contenido básico de rellenos o cargas utilizadas como carbonatos de calcio, GCC y PCC.

❖ Unidad

Porcentaje (%) en peso seco.

❖ Muestreo

De la misma muestra tomada para medir la opacidad se utiliza para determinar la cantidad de cenizas. El procedimiento para la determinación y cálculo de cenizas en el papel se base en la Norma Tappi T244om-93.

❖ Relación con otras propiedades físicas del papel

Una formación cerrada contribuye a mayor % de cenizas de papel.

A mayor refinación de la pasta, mayor % de cenizas de papel.

A mayor % de broke en la pasta, mayor % de cenizas de papel.

❖ **Efecto para el cliente**

Propiedades de resistencia, opacidad y abrasividad del papel. A mayor porcentaje de cenizas (cargas) en el papel afecta el proceso de conversión.

6. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

6.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

6.1.2 Problemas de duración de cuchillas

En el área de conversión se reporta el problema de desgaste y baja duración de las cuchillas en el corte del papel Reprograf. Este desgaste se manifiesta en los altos valores de corte del borde de las hojas registrado por los seis cuadernillos o resmillas que salen de la caja de compaginado.

A pesar que la Will realiza buenos cortes cuando se alimenta con cuatro rollos, siendo que su capacidad de corte es de seis rollos, al momento de montar los cinco rollos se presenta una rápido desgaste de las cuchillas, lo que afecta la calidad del corte de resmas.

El sistema de corte de las siete cuchillas circulares que maneja la máquina Will, es característico de un Corte Longitudinal.

El Corte Longitudinal básicamente se trata de un disco de material endurecido (Acero o Tungsteno), que se presiona contra un cilindro giratorio o Sletter, también de algún material endurecido (Cerámica, Tungsteno), creando un punto de contacto, que por presión corta el material que se dirige a este. La fuerza resultante en el punto de contacto excede la resistencia del material cortándolo en su paso por el punto de contacto.

El corte transversal es característico de un sistema de corte de tipo tijera, donde al punto de contacto se unen dos cuchillas: superior e inferior del mismo material.

Las características del sistema de corte longitudinal con disco de corte que afecta el desempeño del proceso, se puede describir en:

- ❖ Características del papel que se va a cortar determinado por las composiciones químicas o cargas minerales que provocan un desgaste en las cuchillas.
- ❖ Fuerzas en el punto de contacto su cantidad y el efecto sobre la cuchilla.
- ❖ Metalurgia de los discos de corte o cuchillas.

En las Figuras 6 y 7 se muestran las formas de las cuchillas circular y transversal.

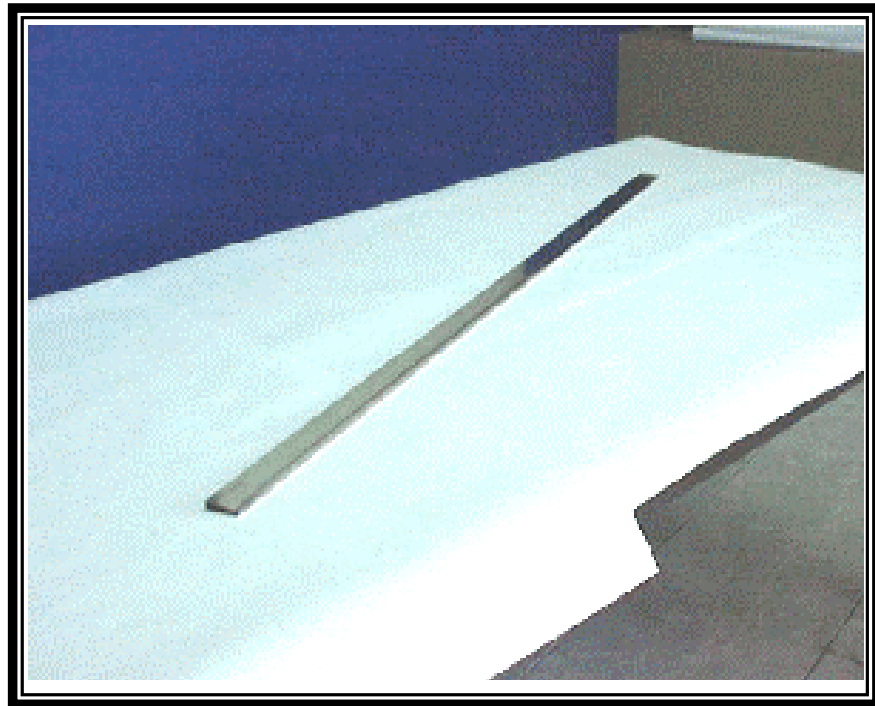


CUCHILLA CIRCULAR (Tungsteno)



SLEETER (Anillos de Cerámica)

Figura No. 6 Cuchillas Circulares



CUCHILLA TRANSVERSAL

Figura No. 7 Cuchilla Transversal

- ❖ Geometría del montaje del disco de corte con respecto al eje de presión, considerando el ángulo del disco.
- ❖ El proceso de afilado de las cuchillas que es definitivo para prolongar la vida útil de las cuchillas y la calidad del corte.

Para el sistema de corte transversal se consideran como problemas que afectan el desempeño: al traslape entre las dos cuchillas, el material y el afilado.

Aproximadamente un juego de cuchillas circulares y transversales con buenas condiciones mecánicas tiene una producción promedio con cuatro rollos de 1300 a 1400 toneladas.

6.1.3 Formato de Valores de Corte

Los valores de corte se registran mediante la superposición del borde de las hojas en un acetato de escalas designado por la compañía Xerox, para el control de calidad de las resmas para fotocopidora.

En la empresa existe un el formato de Factores de Corte de la Will, donde se miden los bordes de las hojas por medio de valle y pico. La medición de estos valores resulta ser muy subjetiva, pues depende en gran medida de las condiciones tanto del equipo por falta de iluminación como del operario quien la mide; haciendo que esta sea una variable crítica en el momento de decisión sobre la calidad de la resma.

Una de las falencias encontradas para la determinación del corte fue el Formato de Valores de Corte de la Will que se tenía en el Medidor de Perfiles, el cual presentaban escalas de medición dentro de un solo rango, considerando sólo valores puntuales como 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 7mm y 8mm (Ver Anexo No.4), que obligaba al operario a aproximar valores cuando las crestas de los bordes de las hojas quedaban en la mitad de algún valor.

Por la inconsistencia de este método de medida se llegó a la necesidad de ampliar el rango entre cada valor, diseñando un nuevo formato con valores un poco más precisos como 1.0 mm, 1.3 mm, 1.5 mm, 1.7 mm, 1.9 mm, 2.0 mm, etc. como se muestra en el Anexo No. 6.

6.1.4 Cargas del papel

Se sabe por estudios anteriores realizados por la misma empresa que las cargas del papel, constituidas por Carbonatos de Calcio, resultan ser bastante abrasivas para las cuchillas, al igual que los contenidos de Sílice o Silicatos en el Bagazo.

Durante la fabricación de papel el Bagazo pasa por un proceso de lavado, en el cual se extraen impurezas o partículas inorgánicas. Si cantidades excesivas de Silicatos están presentes en la pulpa y llegan al producto final (papel) de grado fino o especial, puede causar abrasión no deseable a las cuchillas.

Los rellenos minerales como sodio, calcio, hierro y magnesio, que más aportan abrasión a las cuchillas y están en mayor proporción son los Carbonatos de Calcio. Estos carbonatos contribuyen a las propiedades físicas del papel, mejorando su opacidad.

Los Carbonatos de Calcio, o rellenos están presentes en el papel como Carbonato de Calcio Precipitado, PCC (por sus siglas en ingles), y Carbonato de Calcio Extraído, GCC (por sus siglas en ingles). El PCC se aplica al carbonato producido por procedimiento químicos y el GCC es el carbonato que por tratamiento mecánico es

extraído de minas y pulverizado, por el método de obtención el tamaño de la partícula del GCC es mayor que la del PCC.

El tamaño de partícula de estos rellenos son importantes, pues en el momento de corte, si es demasiado grande se requiere que en las cuchillas exista una presión forzada para permitir el rompimiento de estos minerales lo que podría acortar la vida útil de las cuchillas.

El contenido de broke (papel nuevamente reprocesado) contribuye al desgaste rápido de las cuchillas pues contiene igualmente cantidad de carbonatos.

6.1.5 Maduración del Papel

Cuando los rollos de papel son transportados de la máquina de papel hasta la convertidora, son previamente almacenados por un espacio de tiempo con el propósito de dejar estabilizar física y químicamente el papel.

Durante el proceso de fabricación de papel, las fibras de bagazo son sometidas a altas temperaturas de secado y por ende la hoja sale con demasiada resequedad, por ello es necesario almacenar los rollos por un periodo no menor de 3 días, para lograr

establecer un equilibrio térmico entre las fibras del papel y el medio ambiente. Pues si se corta con pocos días de maduración las hojas del papel se vuelven muy quebradizas y con baja de humedad, lo que ocasiona un aumento de polvillo en la máquina cortadora.

Estos antecedentes se venían presentando en la cortadora Will, en que se dejaba madurar el papel muy poco tiempo de 1 a 2 días, debido a que se necesita cubrir los pedidos de los clientes y no se tenía material disponible. Es causa pues, la falta de maduración, que se generen valores altos de corte.

6.1.6 Valores Críticos de Corte

El análisis de corte entregado por la compañía Xerox, encargada de evaluar la calidad de corte de las resmas para fotocopadoras son las siguientes:

Tabla No. 1 Análisis de Corte de la Compañía Xerox

Rango	Acción
0.0 - 3.0	Producción buena
3.0 - 4.0	Ajustar cuchillas
> 4.0	Cambiar cuchillas

Se consideran a continuación la calificación de los valores de corte en cuanto calidad

Tabla No. 2 Calificación de los Valores de Corte

	Calificación	Valores de corte
Excelente	4	0.0 - 2.5
Buena	3	2.5 - 3.5
Regular	2	3.5 - 4.0
Mala	1	Mayor de 4.0

Con la anterior información la producción de resmas con cuatro rollos está calificado como excelente con un promedio de corte de 2.5 mm. Con cinco rollos el corte supera este promedio llegando a 3.5 mm.

En el Anexo No. 7 se muestran las fotocopias de los bordes de las hojas para corte circular y transversal con cuatro y cinco rollos, se puede notar como con cinco rollos estos valores aumentan casi en un 40%.

6.1 ANALISIS DEL PROBLEMA

Para diagnosticar el problema de valores altos de corte con cinco rollos, se recurrió a las técnicas de control estadístico de proceso; como son la tormenta de ideas, el diagrama causa- efecto, los diagramas de dispersión, los gráficos de control, los histogramas y la capacidad del proceso.

Se procedió primero a una tormenta de ideas que permitió dilucidar las causas y centrarse en las soluciones. Esta lluvia de ideas estuvo siempre apoyada por el Ingeniero de Planta, así como de los operarios que manejan la máquina en los tres turnos, con el propósito de concretar los conceptos.

6.1.6 Tormenta de Ideas para el análisis del problema

El problema de calidad que se presenta en el área de conversión se origina cuando los valores críticos de corte de las resmas superan el valor de 3.5 mm. Este valor crítico de corte esta representado por el corte de los bordes de las hojas, originando un incremento de polvillo por toda la máquina, lo que ocasiona deterioro a las cuchillas y por consiguiente una baja calidad de las resmas.

Lo que hace aumentar el valor de corte a 3.5 mm y que se presente un desgaste rápido de las cuchillas, se debe entre otras causas, al contenido de cargas en el papel. Aunque para este problema no se ha tenido en cuenta otras variables mecánicas que pueden estar influyendo en los altos valores como la presión, el ángulo de las cuchillas en la máquina y estudio de otros materiales resistentes para las cuchillas, se puede garantizar unos buenos resultados de corte cuando se disminuyen las cargas del papel.

A continuación se presentan las causas que originan que los valores críticos de corte aumenten mas de 3.5 mm con cinco rollos:

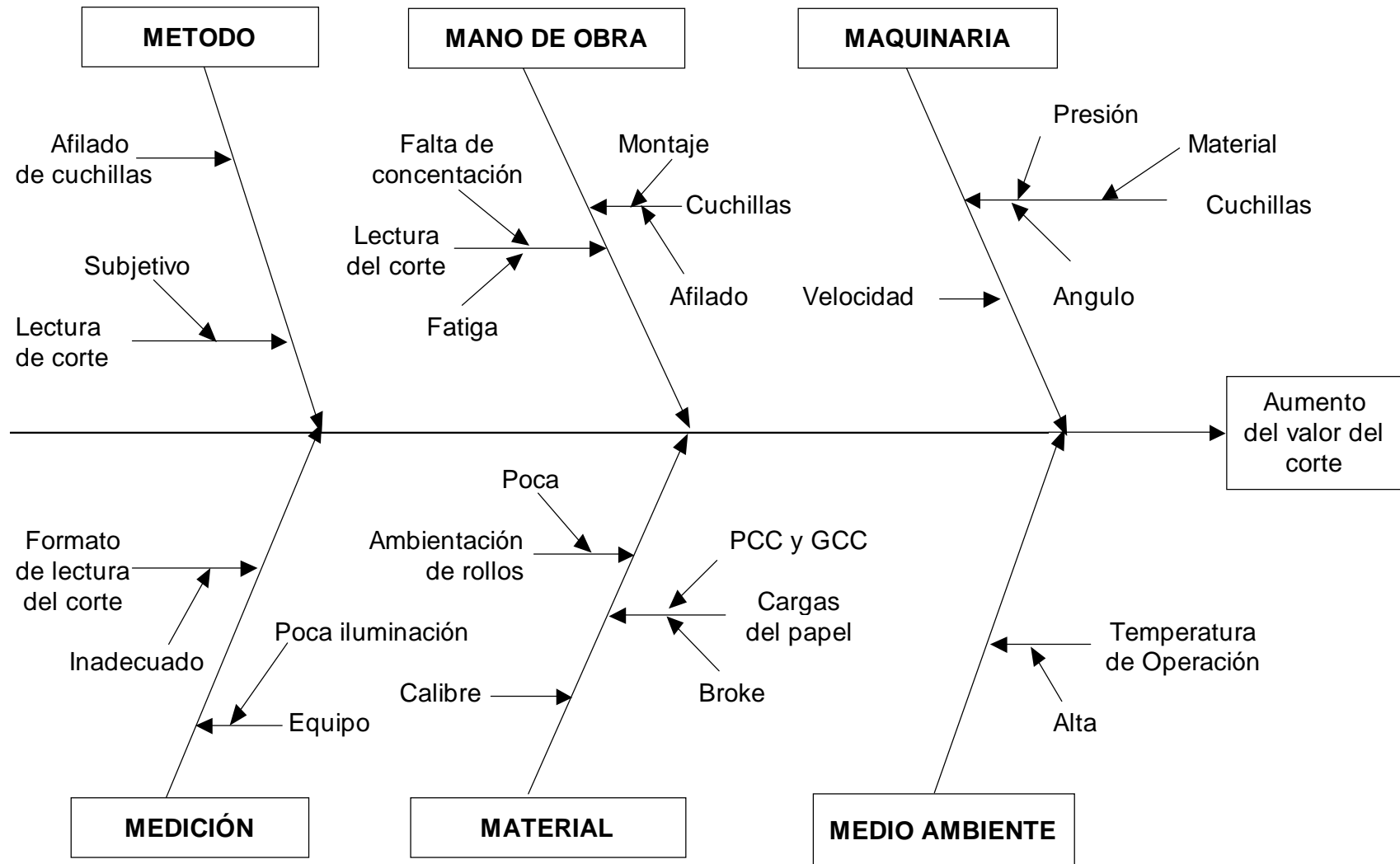
1. Material de las cuchillas de corte tanto circulares como transversales.
2. Angulo de colocación de las cuchillas.
3. Presión de las cuchillas
4. Procedimiento de colocación de las cuchillas.
5. Procedimiento de medición del corte.
6. Afilado de las cuchillas.
7. Cargas del papel (carbonatos) que ocasión abrasividad a las cuchillas.
8. Poca maduración o ambientación de los rollos del papel.
9. La baja humedad del papel.
10. El alto calibre del papel.

6.1.7 Diagrama Causa- Efecto de los altos valores de corte

Esta técnica proporciona una herramienta útil para analizar el problema, pues mediante el gráfico se consideran todas las causas posibles que estén afectando el rápido desgaste de las cuchillas evidenciado por el aumento en el valor del corte.

Para la elaboración de este diagrama se tuvieron en cuenta los antecedentes del problema, así como las causas que se discutieron en la lluvia de ideas, donde hubo colaboración por parte del departamento de conversión, para el mejoramiento de la calidad y el rendimiento en la producción.

En el siguiente diagrama se enumeran cada una de las variables agrupados por las seis "m" o principales causas: máquina, método, material, medición, mano de obra y medio ambiente. A su vez cada causa principal se subdivide en otras causas menores que contribuyen al problema de estudio.



GráficoNo.1 Diagrama Causa-Efecto

6.1.8 Diagramas de Dispersión entre cantidad de cenizas de papel y valor de corte

Al identificar el problema de abrasión del relleno del papel a las cuchillas en el momento de corte, se procede a analizar la relación que exista entre el porcentaje de cenizas que equivale al contenido de cargas presente en el papel y los valores críticos de corte. Un diagrama de dispersión es quizás un recurso muy útil para evaluar dicha relación.

Para determinar esta relación de corte con cargas de papel se realizaron dos ensayos entre los meses de Enero y Febrero. A continuación se muestra las condiciones de estos ensayos.

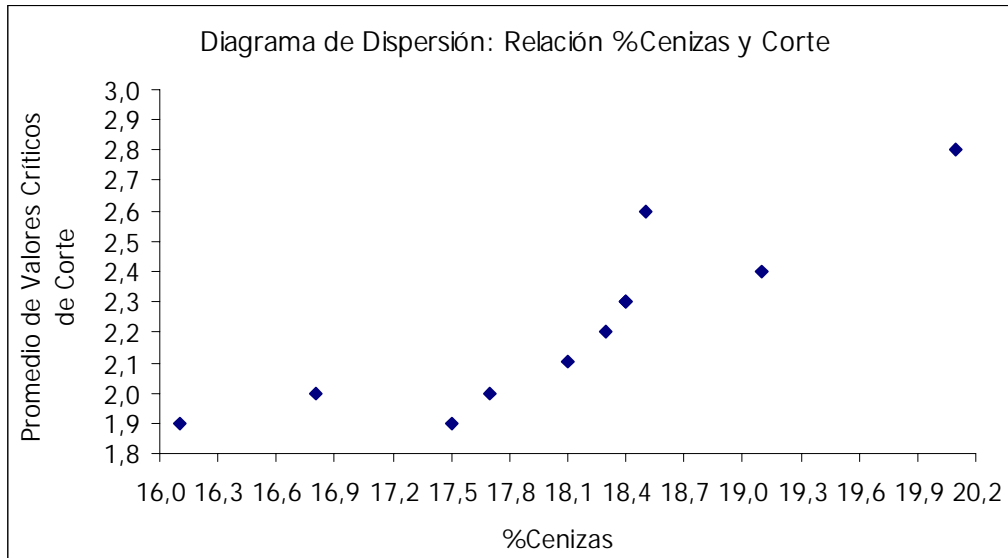
6.1.8.1 Condiciones del Ensayo No.1 y No. 2

1. Rollos montados en la cortadora:	4 rollos
2. Material de Cuchillas Transversales:	Acero Rápido
3. Material de Cuchillas Circulares:	Tungsteno.
4. Material de Anillos Circulares:	Cerámica
5. Velocidad de la cortadora:	250 m / min.
7. Tiempo de duración de corte:	105 min. aprox.

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 8. Promedio de Cargas en el papel: | 100 Kg./ton (Para Ensayo No. 1) |
| 9. Promedio de Cargas en el papel: | 94 Kg./ton (Para Ensayo No. 2) |
| 10. Tamaño de los rollos: | 131.2 cm. |

Para el mes de Enero se realizó el Ensayo No.1 y para el mes de Febrero el ensayo No. 2. Es de aclarar que para los diagramas de dispersión se utilizó los promedio de valores críticos de corte circular, pues de esta manera permite evidenciar mejor la correspondencia entre las dos variables.

En los Gráficos No. 2 y 3, aparecen los diagramas de dispersión de los porcentajes de cenizas que fueron analizados con sus respectivos valores de corte para los dos ensayos.



Valor Corte Circular (mm)	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	2,1	1,9	2,0	1,9	2,3
%Cenizas	20	19	19	18	18	18	18	18	17	16	18

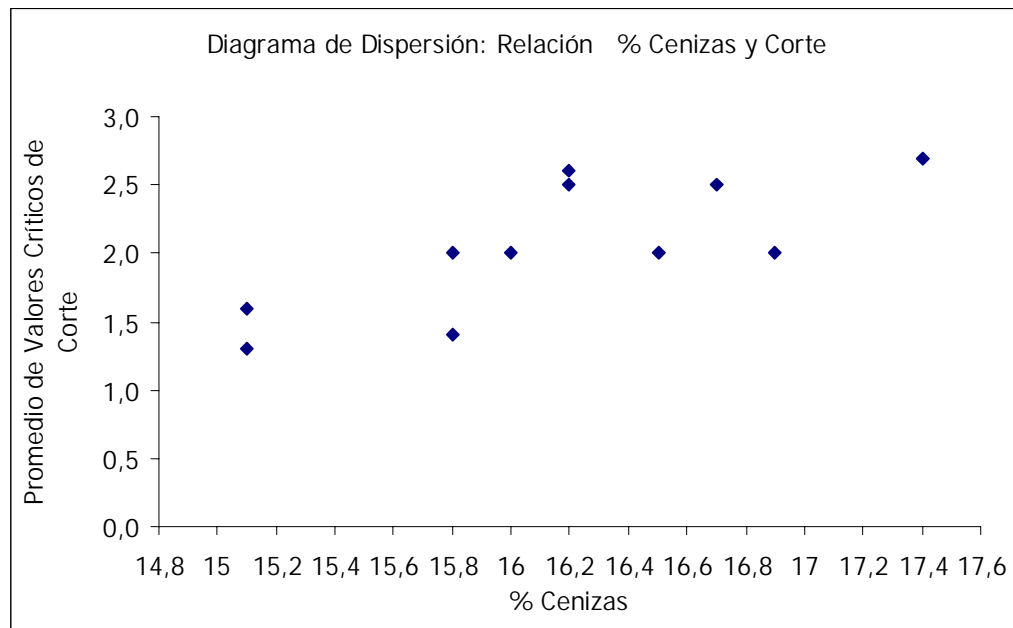
Resultados del Ensayo No.1

Coeficiente de Correlación: 0.88

Tipo de correlación: Ligeramente positivo

Toneladas cortadas: 1204

Gráfico No. 2 Diagrama Dispersión Ensayo 1.



Valor Corte Circular (mm)	2,7	2,6	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,4	1,3
%Cenizas	17,4	16,2	16,2	16,7	15,8	16,0	16,9	16,5	15,1	15,8	15,1

Resultados del Ensayo No. 2

Coefficiente de correlación: 0.76

Tipo de correlación: Ligeramente positiva

Toneladas cortadas: 1402

Gráfico No. 3 Diagrama Dispersión Ensayo 2

6.1.8.2 Resultados del Ensayo No.1

Para este ensayo se muestra la existencia de una correlación ligeramente positiva entre ambas variables, ya que al aumentar la cantidad de cenizas en el papel aumenta los valores de corte. A pesar que el coeficiente de correlación (0.88) no es tan cercano a 1 o a 0.99, se puede afirmar la relación causa y efecto entre cargas y corte. El promedio de cenizas para este ensayo estuvo en 18.1%, con valores altos del 20.1 % y valores mínimos del 16.1%. (Ver Anexo No 8, Tabla No.1)

6.1.8.3 Resultados del Ensayo No.2

Al igual que en el ensayo anterior la correlación es ligeramente positiva entre porcentaje de cenizas y valores críticos de papel. Sin embargo no se descarga la relación existente. Las cenizas para este ensayo disminuyeron con respecto al anterior y su promedio estuvo en 16.2% con valores altos de 17.4% y valores mínimos de 15.1 (Ver Anexo No. 8, Tabla No. 2)

6.1.9 Gráficas de Control

Para determinar el comportamiento del conjunto de datos que arroja el proceso de corte mediante muestras periódicas de la línea de producción, se recurre a las gráficas de control por variables de promedios (\bar{X}) y rango (R), con el objeto de visualizar por medio de un registro gráfico la tendencia de los datos, la dispersión, tolerancia y el nivel de operación del proceso. Al mismo tiempo muestra si el proceso es estable o no y si las variaciones que registran la calidad no se sobrepasan los límites de control.

6.1.9.1 Ensayo realizado con cuatro rollos.

6.1.9.1.1 Ensayo No.1

Los valores críticos tanto de cuchillas circulares como de transversales, que se muestran en las Tablas No. 3 y No. 4, corresponden al corte con cuatro rollos.

A cada dato reportado se calcula el promedio, el rango y la desviación estándar para proceder a determinar los Límites de Control y la Gráfica de Control.

Tabla No. 3 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 1

Número de subgrupo	Mediciones (mm)		Promedio	Rango	Dev. Stad	Observaciones*
	X_1	X_2	\bar{X}	R	S	
1	2,8	2,3	2,6	0,5	0,3536	
2	2,3	2,0	2,2	0,3	0,2121	
3	2,3	2,4	2,4	0,1	0,0707	
4	2,1	2,1	2,1	0,0	0,0000	
5	2,3	2,6	2,5	0,3	0,2121	
6	2,5	2,7	2,6	0,2	0,1414	
7	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0000	
8	2,6	2,8	2,7	0,2	0,1414	
9	2,0	2,5	2,3	0,5	0,3536	
10	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0000	
11	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0000	
12	2,7	2,9	2,8	0,2	0,1414	
Suma			30,4	2,3	1,6263	

* Durante este ensayo no se presentaron cambios de cuchillas circulares.

Tabla No. 4 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 2

Número de subgrupo	Mediciones (mm)		Promedio \bar{X}	Rango R	Dev. Stad S	Observaciones*
	X_1	X_2				
1	2,5	2,4	2,5	0,1	0,0707	
2	2,8	2,0	2,4	0,8	0,5657	
3	2,3	2,3	2,3	0,0	0,0000	
4	2,8	2,8	2,8	0,0	0,0000	
5	2,4	2,5	2,5	0,1	0,0707	
6	3,1	2,3	2,7	0,8	0,5657	
7	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0000	
8	3,2	3,2	3,2	0,0	0,0000	
9	2,0	2,7	2,4	0,7	0,4950	
10	3,1	2,9	3,0	0,2	0,1414	
11	3,1	2,9	3,0	0,2	0,1414	
12	3,1	2,8	3,0	0,3	0,2121	
Suma			32,4	3,2	2,2627	

* Durante este ensayo no se presentaron cambios de cuchillas transversales.

❖ Para cuchillas Circulares:

Promedio:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{x}}{n} = \frac{30,4}{12} = 2,5 = \text{mm}$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = \frac{2,3}{12} = 0,1917$$

Límites de control para el promedio:

Límite Superior:

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCS_{\bar{X}} = 2,5 + 1,880 \cdot 0,1917 = 2,9 \text{ mm}$$

Límites Inferior:

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 2,5 - 1,880 \cdot 0,1917 = 2,1 \text{ mm}$$

Donde $A_2 = 1,880$ para un subgrupo de tamaño 2¹.

Límites de control para el rango:

Límite Superior:

$$LCS_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 3,267 \cdot 0,1917 = 0,6$$

Límite Inferior:

$$LCI_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R}$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,1917 = 0$$

Donde $D_4 = 3,267$ y $D_3 = 0$ para un subgrupo de tamaño 2¹.

¹BESTERFIELD, Dale h. Control de Calidad. México. 4ª. Edición. Mc. Graw-Hill Apéndice Tabla B.

❖ **Para cuchillas transversales:**

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{32,4}{12} = 2,7$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{3,2}{12} = 0,2667$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 2,7 + 1,880 \cdot 0,2667 = 3,2 \text{ mm} \quad LCI_{\bar{X}} = 2,7 - 1,880 \cdot 0,2667 = 2,2 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 3,267 \cdot 0,2667 = 0,9$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,2667 = 0$$

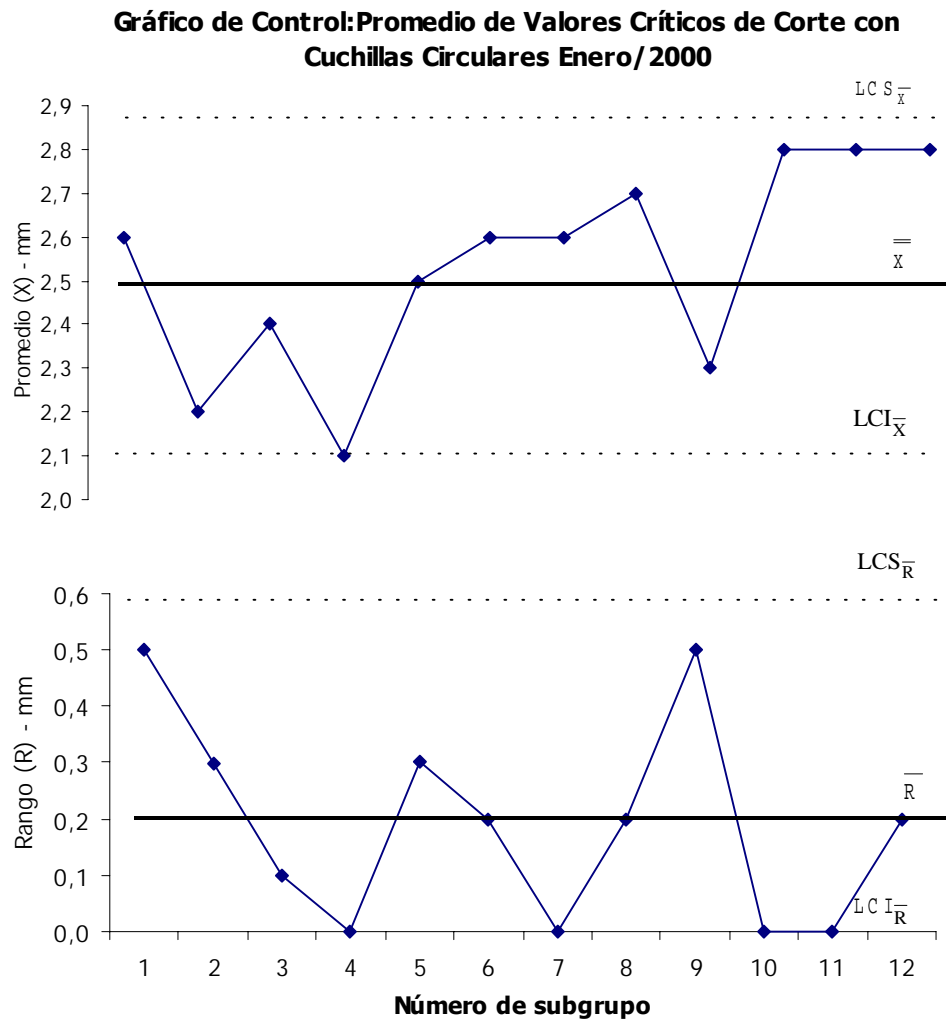


Gráfico No. 4 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo 1.

6.1.9.1.2 Ensayo No. 2

Los valores críticos tanto de cuchillas circulares como de transversales, que se muestran en las tablas No. 5 y No. 6, corresponden al corte con cuatro rollos.

❖ Para cuchillas circulares:

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{n} = \frac{32,1}{15} = 2,1 \text{ mm}$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = \frac{3,0}{15} = 0,2$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 2,1 + 1,880 \cdot 0,2 = 2,5 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{X}} = 2,1 - 1,880 \cdot 0,2 = 1,7 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 3,267 \cdot 0,2 = 0,7$$

$$LCS_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,2 = 0$$

❖ Para cuchillas transversales:

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{38,2}{15} = 2,5$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{4,1}{15} = 0,3$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 2,5 + 1,880 \cdot 0,3 = 3,1 \text{ mm}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 2,5 - 1,880 \cdot 0,3 = 1,9 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 3,267 \cdot 0,3 = 0,9$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,3 = 0$$

Tabla No. 5 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 2

Número de subgrupo	Mediciones (mm)		Promedio	Rango	Dev. Stad	Observaciones *
	X ₁	X ₂	\bar{X}	R	S	
1	1,3	1,7	1,5	0,4	0,2828	
2	1,4	1,5	1,5	0,1	0,0707	
3	1,6	1,7	1,7	0,1	0,0707	
4	2,0	2,2	2,1	0,2	0,1414	
5	2,0	2,2	2,1	0,2	0,1414	
6	2,0	2,2	2,1	0,2	0,1414	
7	2,0	2,3	2,2	0,3	0,2121	
8	2,2	2,4	2,3	0,2	0,1414	
9	2,5	2,2	2,4	0,3	0,2121	
10	2,3	2,5	2,4	0,2	0,1414	
11	2,3	2,3	2,3	0,0	0,0000	
12	1,9	2,3	2,1	0,4	0,2828	
13	2,3	2,0	2,2	0,3	0,2121	
14	2,5	2,6	2,6	0,1	0,0707	
15	2,6	2,6	2,6	0,0	0,0000	
Suma			32,1	3,0	2,1213	

* Durante este ensayo no se presentaron cambios de cuchillas circulares.

Tabla No. 6 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 2

Número de subgrupo	Mediciones (mm)		Promedio	Rango	Dev. Stad	Observaciones *
	X ₁	X ₂	\bar{X}	R	S	
1	1,3	1,8	1,6	0,5	0,3536	
2	2,2	1,8	2,0	0,4	0,2828	
3	2,5	2,3	2,4	0,2	0,1414	
4	2,4	2,5	2,5	0,1	0,0707	
5	2,5	3,0	2,8	0,5	0,3536	
6	2,3	2,5	2,4	0,2	0,1414	
7	2,2	2,7	2,5	0,5	0,3536	
8	3,0	2,9	3,0	0,1	0,0707	
9	2,5	2,6	2,6	0,1	0,0707	
10	2,8	3,1	3,0	0,3	0,2121	
11	2,5	2,5	2,5	0,0	0,0000	
12	2,3	2,5	2,4	0,2	0,1414	
13	2,9	2,6	2,8	0,3	0,2121	
14	3,0	2,7	2,9	0,3	0,2121	
15	2,6	3,0	2,8	0,4	0,2828	
Suma			38,2	4,1	2,8991	

* Durante este ensayo no se presentaron cambios de cuchillas transversales.

Gráfico de Control: Promedio de Valores Críticos de Corte con
Cuchillas Circulares Febrero/2000

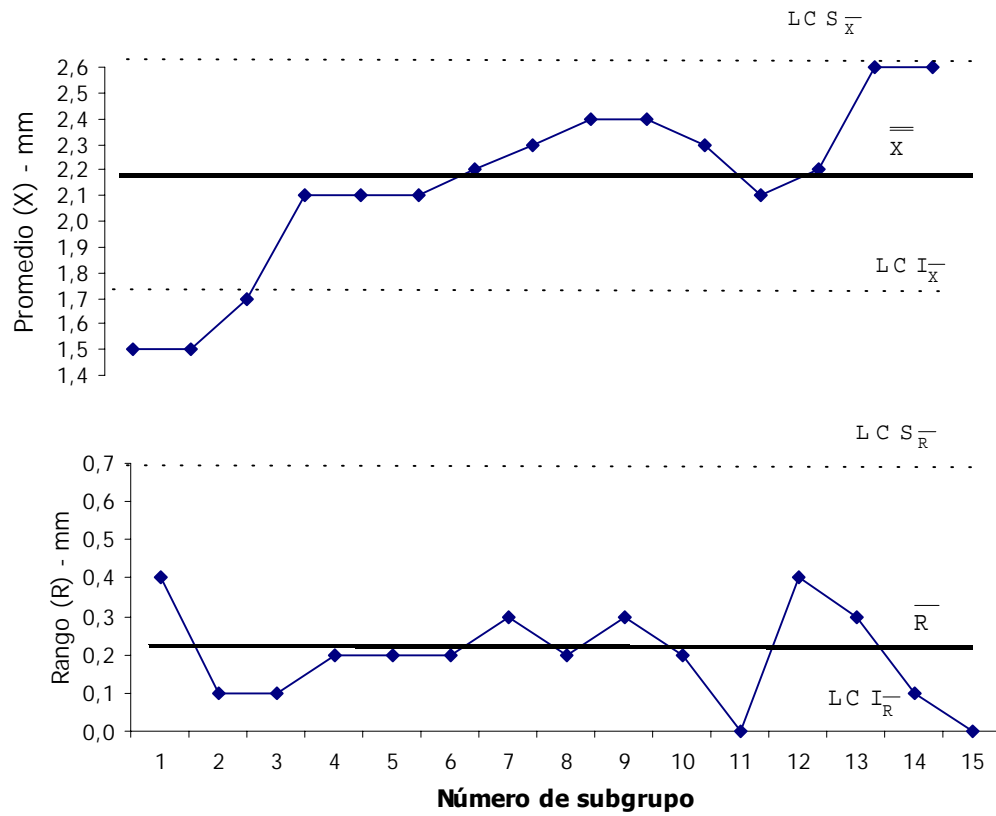


Gráfico No. 6 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo

2.

Gráfico de Control: Promedio de Valores Críticos de Corte con
Cuchillas Transversales Febrero/2000

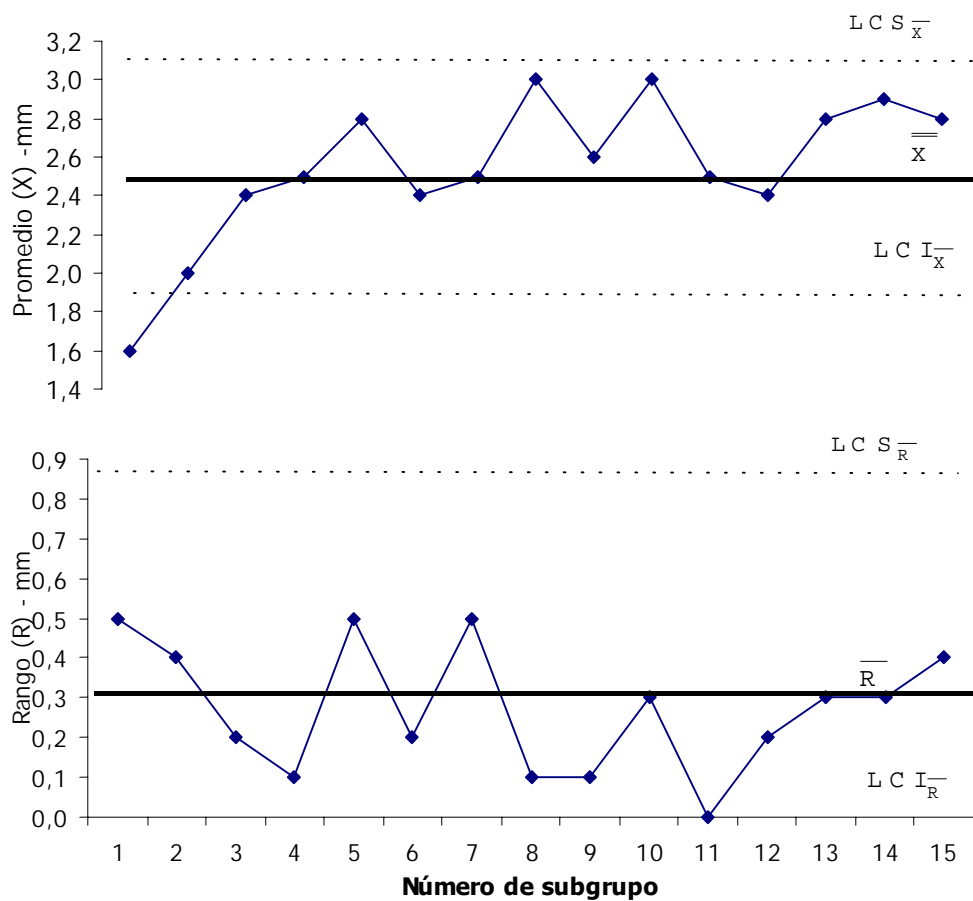


Gráfico No. 7 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales.

Ensayo 2.

6.1.9.2 Ensayos realizados con cinco rollos

Para el ensayo con cinco rollos se disminuyó paulatinamente el contenido de cargas del papel (Ver Anexo No. 13), para permitir menos abrasión a las cuchillas y obtener una mayor duración en el corte. Se realizaron 3 ensayos No. 3, 4 y 5, entre los meses de Marzo, Abril y Mayo, con el propósito de determinar la cantidad de cargas ideales y de esta manera obtener una mayor producción de toneladas cortadas.

6.1.9.2.1 Condiciones de los ensayos

A continuación se dan las condiciones de los ensayos No. 3, 4 y 5 para el montaje del quinto rollo:

1. Rollos montados en la cortadora:	5 rollos
2. Material de Cuchillas Transversales:	Tungsteno.
3. Material de Cuchillas Circulares:	Tungsteno.
4. Material de Anillos Circulares:	Tungsteno.
5. Velocidad de la cortadora:	250 m / min.
7. Tiempo de duración de corte:	105 min. aprox.
8. Promedio de Cargas en el papel:	86,26 Kg. / ton (Para Ensayo No. 3)

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 9. Promedio de Cargas en el papel: | 85,05 Kg. / ton (Para Ensayo No. 4) |
| 10. Promedio de Cargas en el papel: | 79,23 Kg. / ton (Para Ensayo No. 5) |
| 11. Tamaño de los rollos: | 131.2 cm. |

En las tablas siguientes (No. 7, 8, 9, 10, 11, 12) X_1 , X_2 y X_3 corresponden al promedio de los valores críticos de corte de las siete cuchillas circulares, igualmente para las dos cuchillas transversales.

6.1.9.2.2 Ensayo No. 3

Para el ensayo No. 3 los datos se registran en las tablas No. 7 y 8 tanto para cuchillas circulares como transversales.

❖ Para cuchillas circulares:

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{32,7}{11} = 3,0$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{6,5}{11} = 0,6$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

$$LCS_{\bar{X}} = 3,0 + 1,023 \cdot 0,6 = 3,6 \text{ mm}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 3,0 - 1,023 \cdot 0,6 = 2,4 \text{ mm}$$

Donde $A_2 = 1,023$ para un subgrupo de tamaño 3.

$$LCS_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$LCI_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 2,574 \cdot 0,6 = 1,5$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,6 = 0$$

Donde $D_4 = 2,574$ y $D_3 = 0$ para un subgrupo de tamaño 3.

❖ Para cuchillas transversales:

Promedio:

Rango:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{71,2}{22} = 3,2$$

$$\bar{R} = \frac{7,8}{22} = 0,4$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 3,2 + 1,023 \cdot 0,4 = 3,6 \text{ mm}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 3,2 - 1,023 \cdot 0,4 = 2,8 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 2,574 \cdot 0,4 = 0,9$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,4 = 0$$

Tabla No. 7 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 3

Número de subgrupo	Mediciones (mm)			Promedio \bar{X}	Rango R	Dev. Stad S	Observaciones
	X_1	X_2	X_3				
1	2,6	3,0	2,3	2,6	0,7	0,3512	Montaje del 5to. rollo
2	2,3	3,4	2,5	2,7	1,1	0,5859	
3	3,0	3,0	2,7	2,9	0,3	0,1732	
4	2,8	3,4	2,9	3,0	0,6	0,3215	
5	2,8	3,0	3,0	2,9	0,2	0,1155	
6	2,8	3,0	3,0	2,9	0,2	0,1155	
7	3,0	2,8	3,2	3,0	0,4	0,2000	
8	3,3	2,6	3,3	3,1	0,7	0,4041	Cambio de cuchilla No.1 Cambio cuchillas 2,3,4,5,6,7
9	2,9	3,4	3,1	3,1	0,5	0,2517	
10	3,5	3,6	2,8	3,3	0,8	0,4359	
11	2,6	3,6	3,5	3,2	1,0	0,5508	
Suma				32,7	6,5	3,5052	

Tabla No. 8 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 3

Número de subgrupo	Mediciones (mm)			Promedio \bar{X}	Rango R	Dev. Stad S	Observaciones
	X_1	X_2	X_3				
1	3,0	3,6	3,5	3,4	0,6	0,3215	Recalibrado de cuchillas
2	3,6	3,5	3,3	3,5	0,3	0,1528	
3	3,0	3,3	3,0	3,1	0,3	0,1732	
4	2,9	3,4	3,5	3,3	0,6	0,3215	
5	3,3	3,2	3,4	3,3	0,2	0,1000	
6	3,2	3,4	3,6	3,4	0,4	0,2000	Recalibrado de cuchillas
7	3,2	3,5	3,4	3,4	0,3	0,1528	
8	3,3	2,7	3,0	3,0	0,6	0,3000	
9	3,0	2,6	3,0	2,9	0,4	0,2309	
10	3,0	3,5	3,5	3,3	0,5	0,2887	
11	3,5	2,9	2,9	3,1	0,6	0,3464	
12	3,0	3,0	2,7	2,9	0,3	0,1732	
13	3,2	2,8	3,2	3,1	0,4	0,2309	
14	3,0	3,2	3,3	3,2	0,3	0,1528	
15	3,0	3,3	3,3	3,2	0,3	0,1732	
16	3,3	3,3	3,4	3,3	0,1	0,0577	
17	3,0	3,3	3,3	3,2	0,3	0,1732	
18	3,2	3,2	3,6	3,3	0,4	0,2309	
19	3,2	3,0	3,0	3,1	0,2	0,1155	
20	3,3	3,3	3,2	3,3	0,1	0,0577	
21	3,2	3,6	3,3	3,4	0,4	0,2082	
22	3,6	3,4	3,4	3,5	0,2	0,1155	
Suma				71,2	7,8	4,2765	

Gráfico de Control: Promedio de Valores Críticos de Corte con Cuchillas
Circulares Marzo/2000

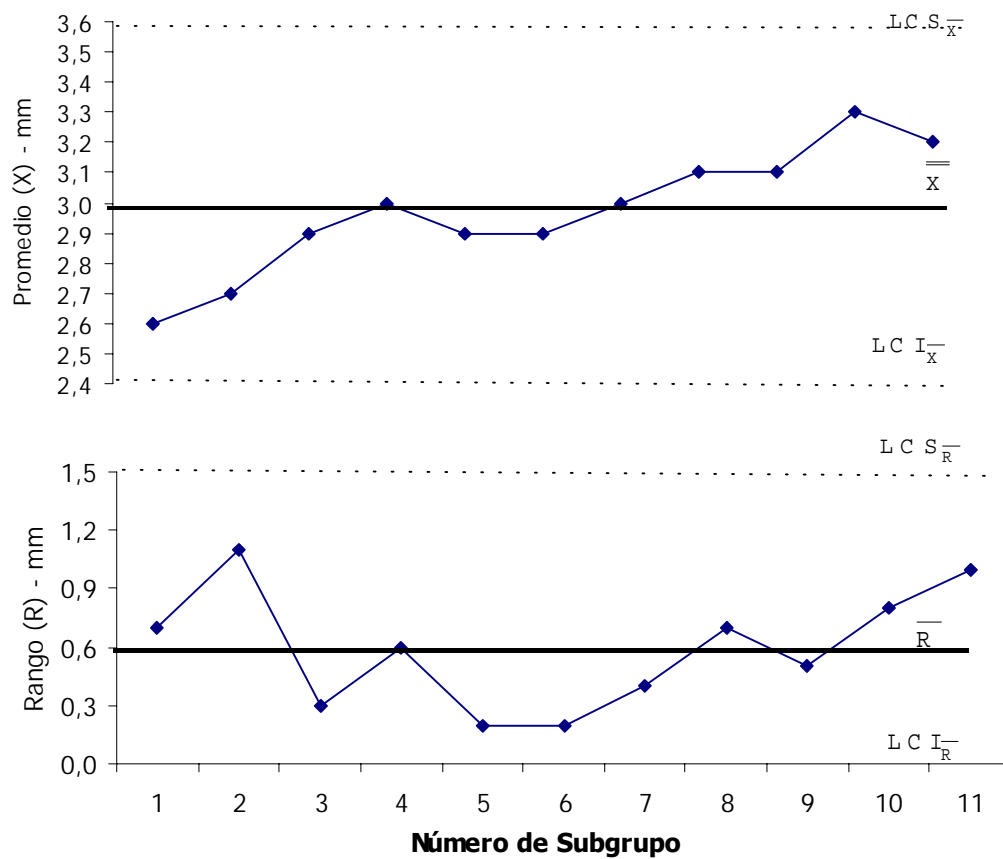


Gráfico No. 8 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo

3.

Gráfico de Control: Promedio de Valores Críticos de Corte con Cuchillas Transversales Marzo/2000

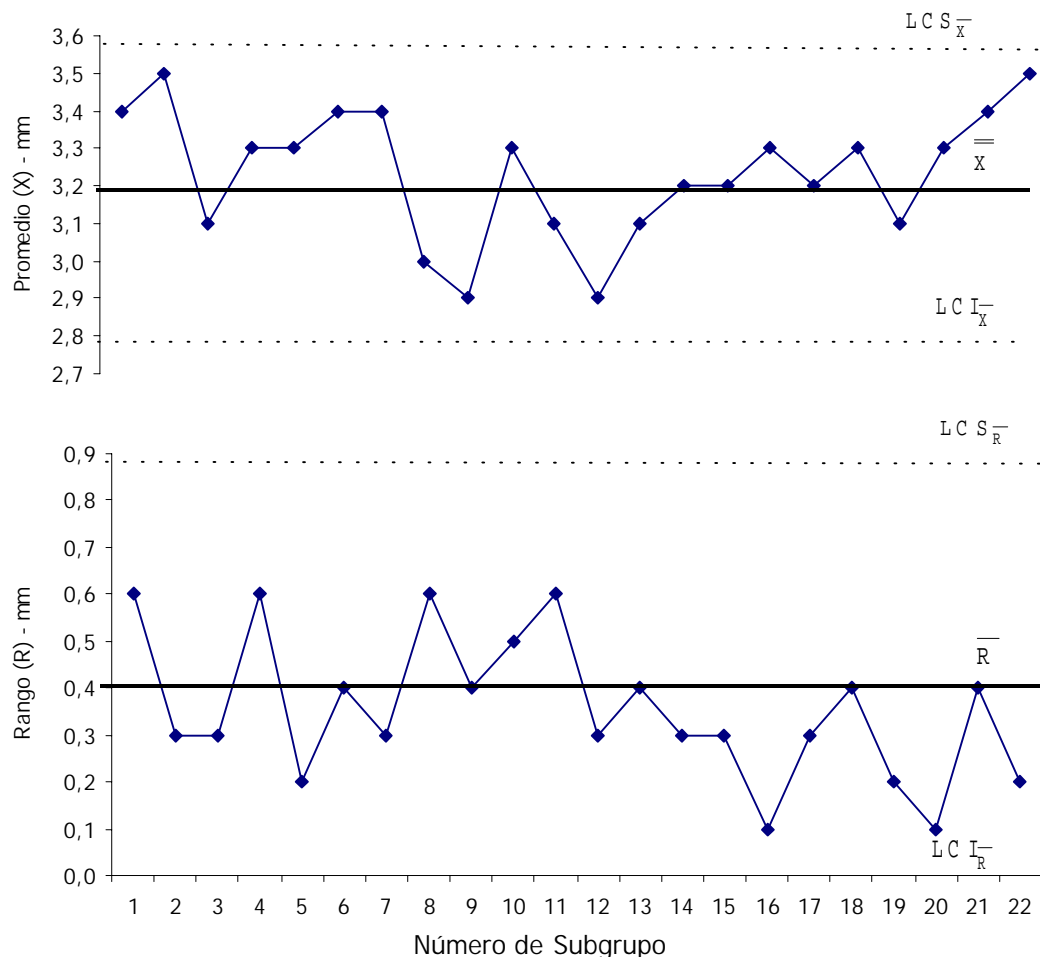


Gráfico No. 9 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales.

Ensayo 3.

6.1.9.2.3 Ensayo No.4

Para el ensayo No. 4 los datos se registran en las tablas No. 9 y 10 tanto para cuchillas circulares como transversales.

❖ Para cuchillas circulares:

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{45,8}{14} = 3,3$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{3,8}{14} = 0,3$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 3,3 + 1,023 \cdot 0,3 = 3,6 \text{ mm}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 3,3 - 1,023 \cdot 0,3 = 3,0 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 2,574 \cdot 0,3 = 0,7$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,3 = 0$$

❖ Para cuchillas transversales:

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{49,6}{14} = 3,5$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{2,6}{14} = 0,2$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 3,5 + 1,023 \cdot 0,2 = 3,7 \text{ mm}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 3,5 - 1,023 \cdot 0,2 = 3,4 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 2,574 \cdot 0,2 = 0,5$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,2 = 0$$

Tabla No. 9 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 4

Número de subgrupo	Mediciones (mm)			Promedio \bar{X}	Rango R	Dev. Stad S	Observaciones*
	X_1	X_2	X_3				
1	2,9	3,2	2,9	3,0	0,3	0,1732	
2	3,0	3,4	3,3	3,2	0,4	0,2082	
3	3,1	3,2	3,1	3,1	0,1	0,0577	
4	3,4	3,2	3,3	3,3	0,2	0,1000	
5	2,8	3,3	3,0	3,0	0,5	0,2517	
6	3,2	3,4	3,2	3,3	0,2	0,1155	
7	3,1	3,2	3,4	3,2	0,3	0,1528	
8	3,0	3,5	3,5	3,3	0,5	0,2887	
9	3,5	3,5	3,1	3,4	0,4	0,2309	
10	3,5	3,5	3,4	3,5	0,1	0,0577	Cambió 1, 2
11	3,3	3,4	3,2	3,3	0,2	0,1000	
12	3,4	3,4	3,2	3,3	0,2	0,1155	Cambió 2, 6, 7
13	3,2	3,4	3,2	3,3	0,2	0,1155	
14	3,6	3,4	3,5	3,5	0,2	0,1000	Cambio todas
Suma				45,8	3,8	2,0673	

Tabla No. 10 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversal. Ensayo No. 4

Número de subgrupo	Mediciones (mm)			Promedio \bar{X}	Rango R	Dev. Stad S	Observaciones
	X_1	X_2	X_3				
1	3,5	3,7	3,6	3,6	0,2	0,1000	
2	3,4	3,6	3,7	3,6	0,3	0,1528	
3	3,5	3,5	3,5	3,5	0,0	0,0000	
4	3,5	3,4	3,5	3,5	0,1	0,0577	
5	3,3	3,6	3,4	3,4	0,3	0,1528	
6	3,5	3,6	3,4	3,5	0,2	0,1000	
7	3,6	3,5	3,5	3,5	0,1	0,0577	
8	3,3	3,6	3,6	3,5	0,3	0,1732	
9	3,6	3,6	3,5	3,6	0,1	0,0577	
10	3,5	4,0	3,7	3,7	0,5	0,2517	Se recalibra
11	3,5	3,6	3,6	3,6	0,1	0,0577	
12	3,5	3,7	3,6	3,6	0,2	0,1000	
13	3,5	3,6	3,5	3,5	0,1	0,0577	
14	3,5	3,4	3,5	3,5	0,1	0,0577	
Suma				49,6	2,6	1,3768	

Gráfico de Control: Promedio de Valores Críticos de Corte con Cuchillas
Circulares Abril/2000

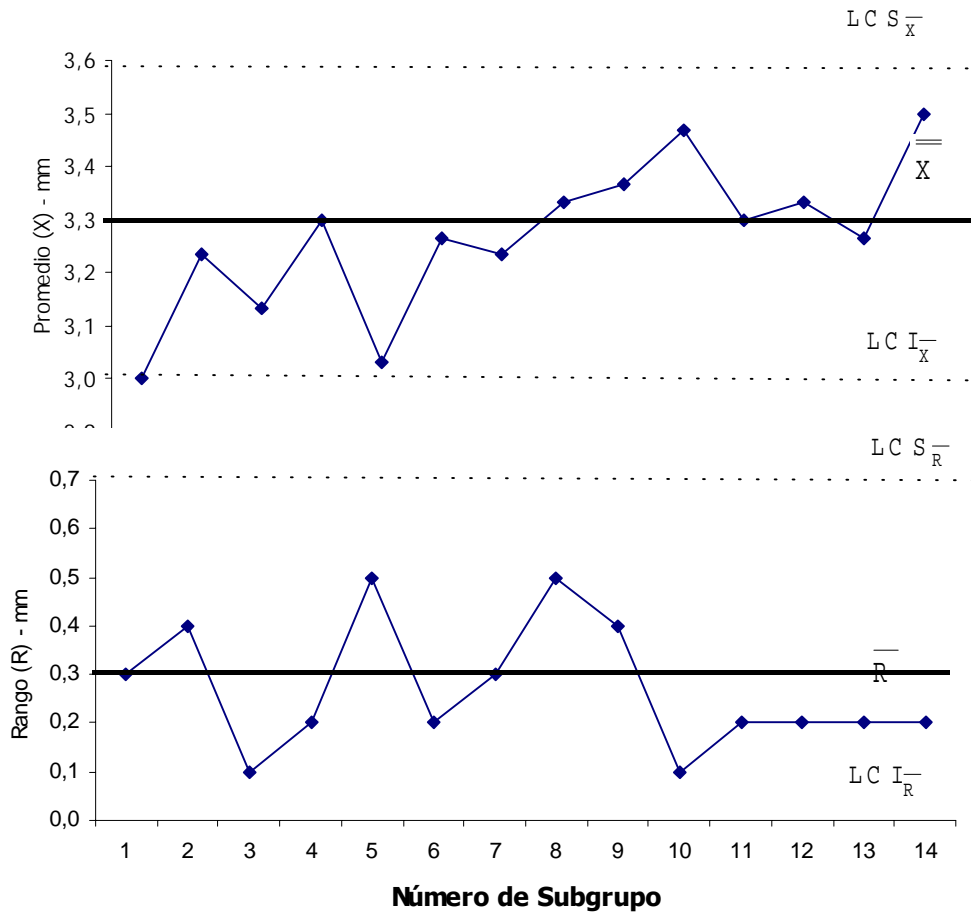


Gráfico No. 10 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo

4.

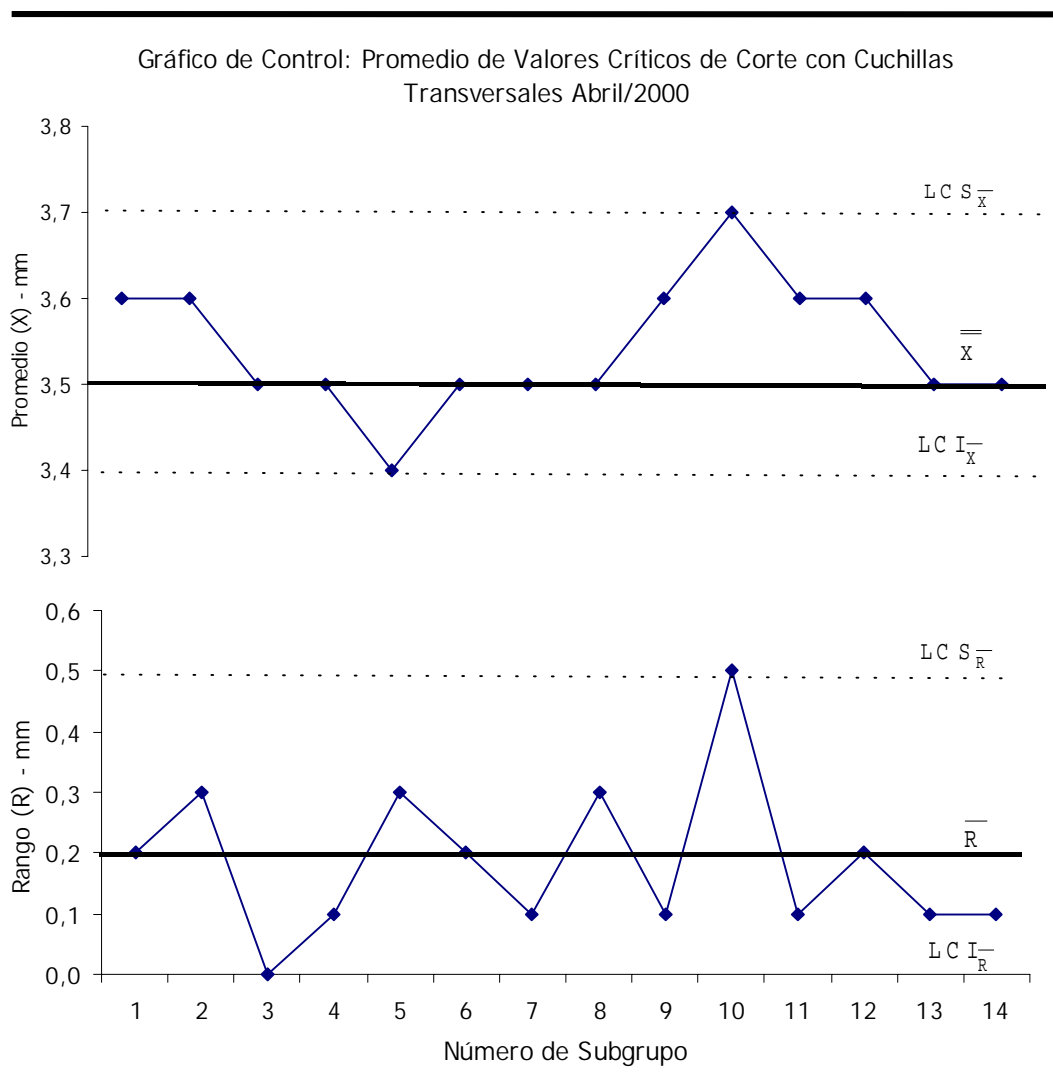


Gráfico No. 11 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales.

Ensayo 4.

6.1.9.2.4 Ensayo No. 5

Para el ensayo No. 5 los datos se registran en las tablas No. 11 y 12 tanto para cuchillas circulares como transversales.

❖ Para cuchillas circulares:

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{83,9}{26} = 3,2$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{5,4}{26} = 0,2$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 3,2 + 1,023 \cdot 0,2 = 3,4 \text{ mm}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 3,2 - 1,023 \cdot 0,2 = 3,0 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 2,574 \cdot 0,2 = 0,5$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,2 = 0$$

❖ Para cuchillas transversales:

Promedio:

$$\bar{X} = \frac{92,1}{26} = 3,5$$

Rango:

$$\bar{R} = \frac{6,8}{26} = 0,3$$

Límites de Control:

$$LCS_{\bar{X}} = 3,5 + 1,023 \cdot 0,3 = 3,8 \text{ mm}$$

$$LCI_{\bar{X}} = 3,5 - 1,023 \cdot 0,3 = 3,2 \text{ mm}$$

$$LCS_{\bar{R}} = 2,574 \cdot 0,3 = 0,7$$

$$LCI_{\bar{R}} = 0 \cdot 0,3 = 0$$

Tabla No. 11 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las siete cuchillas circulares. Ensayo No. 5

Número de subgrupo	Mediciones (mm)			Promedio	Rango	Dev. Stad	Observaciones
	X ₁	X ₂	X ₃	\bar{X}	R	S	
1	3,1	3,0	3,1	3,1	0,1	0,0577	
2	3,1	3,2	3,1	3,1	0,1	0,0577	
3	2,8	3,2	3,0	3,0	0,4	0,2000	
4	3,0	3,1	3,3	3,1	0,3	0,1528	
5	3,2	3,2	3,3	3,2	0,1	0,0577	
6	3,4	3,3	3,3	3,3	0,1	0,0577	
7	2,8	3,1	3,0	3,0	0,3	0,1528	
8	3,1	3,2	3,0	3,1	0,2	0,1000	Cambio cuchilla 7
9	3,0	3,1	3,1	3,1	0,1	0,0577	
10	3,2	3,3	3,1	3,2	0,2	0,1000	
11	3,2	3,3	3,2	3,2	0,1	0,0577	
12	3,0	3,3	3,0	3,1	0,3	0,1732	
13	3,0	3,3	3,2	3,2	0,3	0,1528	
14	3,0	3,0	3,1	3,0	0,1	0,0577	
15	3,4	3,3	3,3	3,3	0,1	0,0577	
16	3,1	3,4	3,4	3,3	0,3	0,1732	
17	3,1	3,3	3,2	3,2	0,2	0,1000	
18	3,2	3,5	3,3	3,3	0,3	0,1528	
19	3,2	3,4	3,3	3,3	0,2	0,1000	
20	3,2	3,4	3,3	3,3	0,2	0,1000	
21	3,3	3,4	3,4	3,4	0,1	0,0577	
22	3,5	3,4	3,2	3,4	0,3	0,1528	
23	3,5	3,3	3,4	3,4	0,2	0,1000	
24	3,6	3,4	3,3	3,4	0,3	0,1528	
25	3,4	3,3	3,6	3,4	0,3	0,1528	
26	3,5	3,5	3,3	3,5	0,2	0,1155	
Suma				83,9	5,4	2,8508	

Tabla No. 12 Datos de los valores críticos de corte del promedio de las cuchillas transversales. Ensayo No. 5

Número de subgrupo	Mediciones (mm)			Promedio \bar{X}	Rango R	Dev. Stad S	Observaciones
	X_1	X_2	X_3				
1	3,5	3,5	3,5	3,5	0,0	0,0000	
2	3,3	3,6	3,5	3,5	0,3	0,1528	
3	3,5	3,3	3,4	3,4	0,2	0,1000	
4	3,5	3,6	3,5	3,5	0,1	0,0577	
5	3,3	3,7	3,4	3,5	0,4	0,2082	
6	3,6	3,5	3,6	3,6	0,1	0,0577	
7	3,0	3,5	3,3	3,3	0,5	0,2517	
8	3,6	3,6	3,4	3,5	0,2	0,1155	
9	3,7	3,5	3,4	3,5	0,3	0,1528	
10	3,5	3,5	3,5	3,5	0,0	0,0000	
11	3,6	3,5	3,5	3,5	0,1	0,0577	
12	3,6	3,4	3,5	3,5	0,2	0,1000	
13	3,5	3,5	3,5	3,5	0,0	0,0000	
14	3,2	3,4	3,4	3,3	0,2	0,1155	
15	3,5	3,4	3,7	3,5	0,3	0,1528	
16	3,5	3,3	3,5	3,4	0,2	0,1155	
17	3,5	3,7	3,6	3,6	0,2	0,1000	
18	3,5	3,7	3,6	3,6	0,2	0,1000	
19	3,5	3,5	3,5	3,5	0,0	0,0000	
20	3,5	3,5	3,6	3,5	0,1	0,0577	
21	3,5	3,5	3,6	3,5	0,1	0,0577	
22	4,0	3,6	3,5	3,7	0,5	0,2646	
23	4,2	3,6	3,7	3,8	0,6	0,3215	
24	4,5	3,5	3,5	3,8	1,0	0,5774	Se recalibran
25	3,7	3,6	4,2	3,8	0,6	0,3215	
26	4,0	3,7	3,6	3,8	0,4	0,2082	
Suma				92,1	6,8	3,6462	

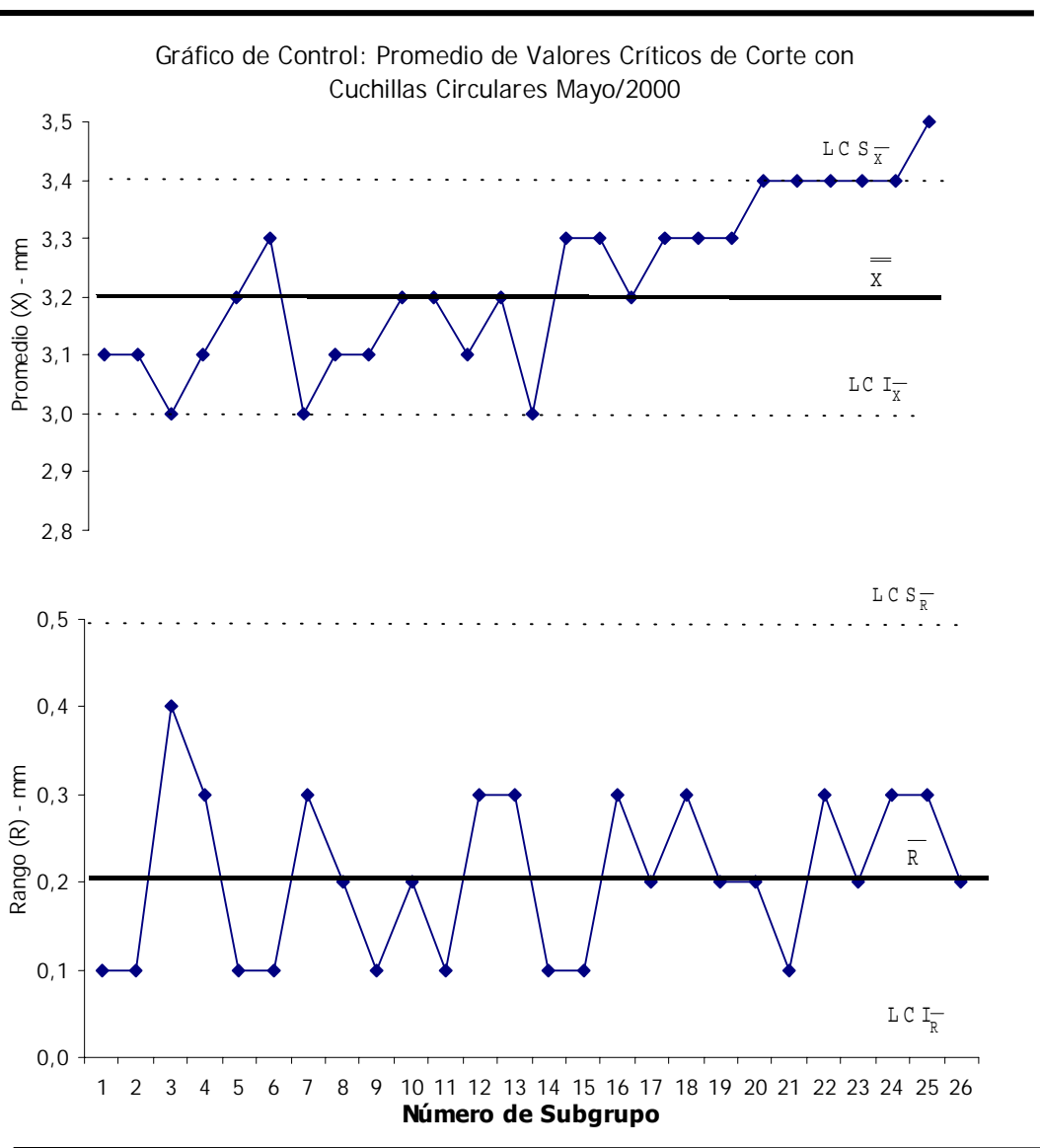


Gráfico No. 12 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas circulares. Ensayo

5.

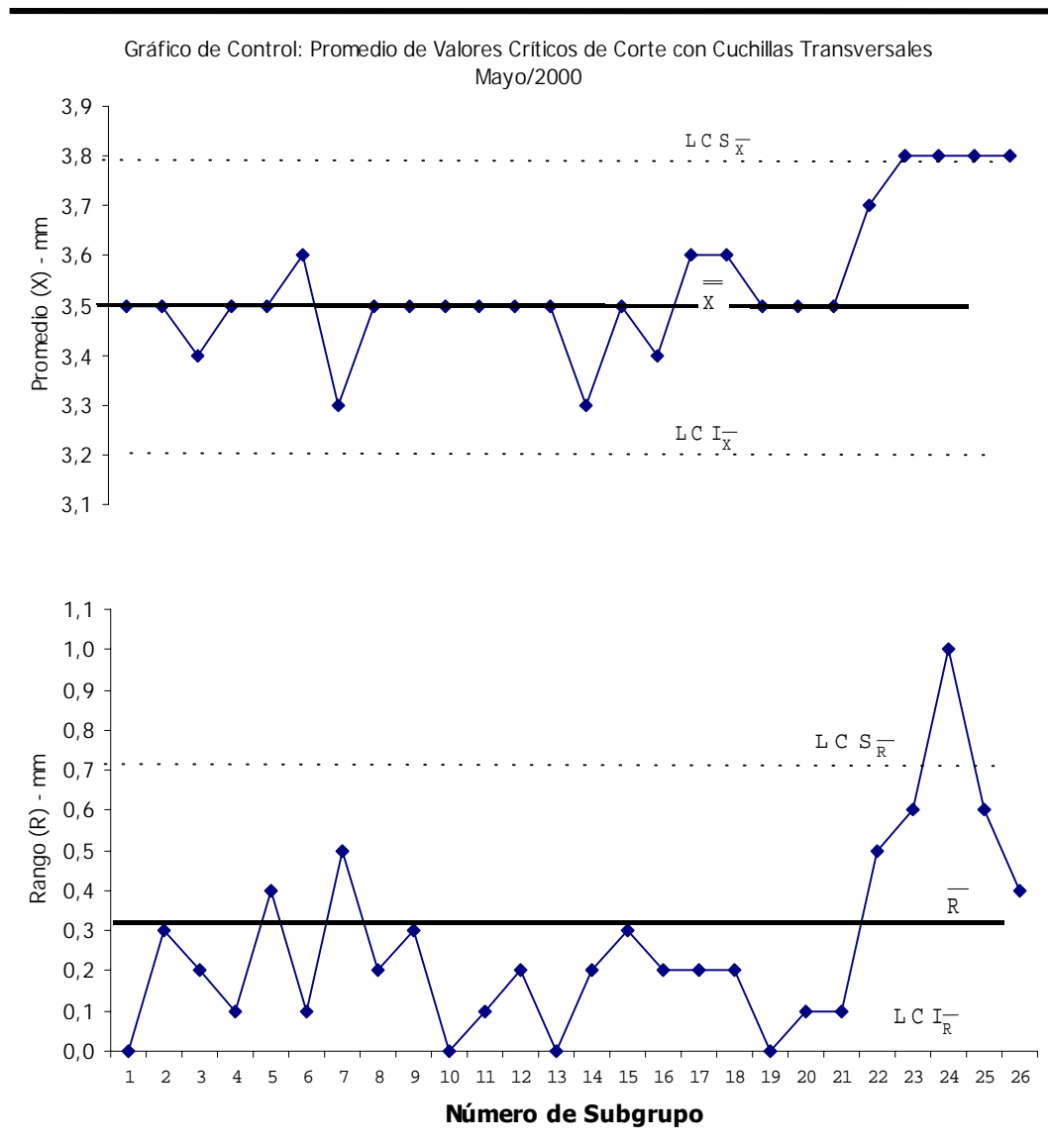


Gráfico No. 13 Gráficos de Control \bar{X} - R para cuchillas transversales.

Ensayo 5.

6.1.9.3 Análisis de las Gráficas de Control \bar{X} - R

La característica principal que se evalúo en las gráficas de control son los promedios de los valores críticos de corte, tanto para las siete cuchillas circulares como para las cuchillas transversales. Se entiende por valores críticos como los valores más alto registrados en el corte para ambas cuchillas, el cual define un parámetro exigente hacia la calidad del corte.

Los datos presentados en estas gráficas están constituidos por grupos de 2 elementos para cada ensayo, es decir que se han realizado 2 mediciones de corte por cada día como se observa en las tablas anteriores, cuando se han cortado con cuatro rollos. Para el ensayo con cinco rollos se tomaron 3 datos por cada subgrupo de mediciones.

❖ ENSAYO No. 1. Mes de Enero

La carta de control para este mes en cuanto a cuchillas circulares, registra puntos muy cerca de los límites de control ($LS = 2,9$ mm y $LI = 2,1$ mm) y muy dispersos con una desviación estándar promedio de 0.1355, atribuidos a los altos valores de cenizas y cargas totales que se tenían en ese entonces(Ver Anexo No. 8), lo que

hacia aumentar los valores de corte. En ocasiones las cargas de papel bajaban lo que permitió una disminución en los valores de corte, por lo que el proceso de corte circular hace que se presente mucha variabilidad es decir muchas fluctuaciones en la medida.

En cuanto a la carta de control para las cuchillas transversales es un proceso bastante variable en sus valores de corte, pues su desviación estándar promedio de 0,1886 es mayor que la desviación promedio del corte circular y además se observa que no es sensible a los cambios de carga en el papel. Sus límites de control ($LS = 3,2 \text{ mm}$ y $LI = 2,1 \text{ mm}$) son más altos en comparación con el corte longitudinal, al igual que el promedio de corte que con respecto al circular (2,5 mm) incrementó en un 7,4%.

❖ ENSAYO No. 2. Mes de Febrero

La gráfica de control para el mes de febrero presenta una tendencia ascendente bien definida causada por el desgaste de las cuchillas. Además presenta cuatro puntos fuera de los límites de control; los dos primeros causados por el arranque de la máquina en el momento de corte y además debido a la presencia de cenizas baja del

15,1% y de cargas del 88 Kg. / ton en el papel lo que ocasiona menos abrasividad para las cuchillas (Ver Anexo No.8).

El promedio de corte circular de 2,1 mm disminuyó con respecto al mes anterior, ensayo que estuvo en 2,5 mm, al igual que los límites de control ($LS = 2,5$ mm y $LI = 1,7$ mm).

Los puntos al final que están fuera de control demuestran el evidente desgaste de las cuchillas y además que las cargas en el papel estuvieron cerca de los 100 Kg/ton al igual que sus cenizas se mantuvieron en 17,5%.

Para las cuchillas transversales los valores estuvieron muy cercanos al límite superior, presentando igual variabilidad, pero con una tendencia ascendente de desgaste. De nuevo se tiene que el promedio de corte transversal (2,5 mm) es mayor que el circular (2,1 mm).

❖ ENSAYO No. 3. Mes de Marzo

En el ensayo de este mes se decide aumentar la producción, montando el quinto rollo en la cortadora.

La gráfica de control presenta una tendencia ascendente ocasionada por el desgaste de las cuchillas circulares. El desgaste fue mucho más rápido, pues las cuchillas solo duraron 14 días, mientras que con cuatro rollos duraron entre 17 y 20 días, además se presentaron cambios en un de las cuchillas, mientras que el corte con 4 rollos, no se presentó cambio de cuchilla. El promedio de los valores de corte se mantuvo en 3.0 mm, valor que lo coloca dentro de una buena producción.

Durante este ensayo se pudo cortar con los cinco rollos, y la carta de control arrojó un proceso de corte estable y bajo condiciones de control, pues ningún punto cae fuera de los límites control, sin embargo la dispersión de los datos es bastante grande, lo que demuestra su alta desviación estándar 0,2921 mm, al igual que el rango de los valores de corte.

Es evidente como el promedio de corte subió en un 30% al mes anterior pues este se encontraba en 2.1 mm para cuchillas circulares y durante este ensayo se incrementó a 3.0 mm; lo mismo ocurrió con las cuchillas transversales que se encontraban en 2.5 mm para el mes anterior y en este ensayo se aumentaron a promedio de 2.9 mm, aunque no se hicieron ajustes mecánicos a la máquina se esperaba que los valores de corte aumentaron al igual que los límites de control superior e inferior.

La carta de control para cuchillas transversales muestra mucha variabilidad debido a su alta desviación estándar 0.1944 mm, que provocan rangos altos en los valores de corte entre los subgrupos de cada medición. Además porque se presentaron recalibración a las cuchillas para mejorar el corte.

❖ **ENSAYO No. 4. Mes de Abril**

En el mes de abril la gráfica de control presenta un comportamiento ascendente evidenciando el desgaste de las cuchillas circulares aunque un poco menos de variabilidad que el mes anterior.

A pesar de que se presentaron 5 cambios de cuchillas durante los 14 días que duró el corte, no existen puntos fuera de control ni mucha dispersión entre los valores de corte, cuya desviación promedio estuvo en 0,1476 mm.

Aunque las cargas totales disminuyeron para este mes (Ver Anexo No.8), el porcentaje de cenizas aumentó en su promedio en un 6,02%, debido al aumento en la cantidad de broke de un 30.1%, en un promedio con respecto al mes de marzo. El broke aporta cargas al papel, pues estos son desperdicios de papel de la misma máquina que se vuelven al proceso de fabricación. Esto ocasionó que tanto el

promedio de corte circular como transversal presentara un leve aumento de aproximadamente 9.1% con respecto al mes anterior.

Igualmente la gráfica de control para las cuchillas transversales se evidencia un desgaste en el material por su forma ascendente. Después de 10 días de corte con estas cuchillas, se realiza una recalibración a las cuchillas lo que permite que en la gráfica se muestre un descenso al final de los puntos.

Las cuchillas transversales van montada en un bloque de aproximadamente 3 toneladas que son transportadas por medio de una grúa a la máquina. La recalibración de estas cuchillas, se realiza en la propia máquina Will debido que para bajar el bloque se requiere de mucho tiempo más o menos de un turno y por ende se perdería producción. Para ello se debe parar la máquina y el operario de turno procede a ajustar o a unir más las dos cuchillas transversales. En esta operación se corre el riesgo de desgastar aún las cuchillas o deteriorarlas, pero es una decisión que la ha tomado el jefe de planta con la confianza que ha depositado al operario por su amplia experiencia.

❖ ENSAYO No. 5. Mes de Mayo.

En el mes de mayo y parte del mes de junio, el comportamiento del corte fue estable, pues solo se realizó un cambio de cuchilla de los 42 días que duró el conjunto de las siete cuchillas circulares.

La carta de control muestra algunos puntos sobre el límite inferior ocasionado por la disminución de las cargas en el papel, y por ende una disminución en el porcentaje de cenizas. (Ver Anexo No. 8).

El proceso de corte circular no presenta mucha variabilidad, pues la dispersión de los datos es pequeña 0,1096 mm con respecto a ensayos anteriores.

Al final de la carta de control se puede notar un desgaste de las cuchillas por su progresiva tendencia ascendente, presentando valores altos sobre el límite superior ($LS = 3,4 \text{ mm}$) y uno fuera de control, sin embargo se continuó cortando debido a que en esos días el promedio del valor del corte se mantuvo en 3,2 mm.

Ocorre lo mismo con las cuchillas transversales que solo tuvieron una sola recalibración del todo el tiempo que duraron montadas; con un promedio de corte de 3,5 mm. Los límites de control se mantuvieron semejantes al pasado ensayo.

Es de considerar que el proceso de corte transversal mantuvo al final de los datos valores muy altos como de 4,0 mm y 4,5 mm, lo que obligó a su recalibración inmediata por parte de los operarios.

6.1.10 Distribución y variabilidad de los valores críticos de corte.

6.1.10.1 Medidas de Tendencia Central

Los métodos analíticos que se utilizan para describir la distribución de un grupo de datos y su ubicación central son las medidas de tendencia central. La distribución de frecuencia de los datos permite determinar como ocurre los eventos y así mostrar el comportamiento de los datos.

Las medidas que se utilizan son:

- (a) la media,
- (b) la mediana y
- (c) la moda

(a) Media

La media es la sumatoria de todos los datos dividida en las cantidades de los mismo.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{n}$$

donde

\bar{X} = media

n = cantidad de valores observados

X_1, X_2, \dots = valor observado que se identifica mediante le subíndice 1, 2,,

n o el subíndice general i .

(b) La mediana

La mediana es el valor que divide una serie de observaciones ordenadas de manera tal que la cantidad de elementos que la precede es igual a la cantidad de elementos que la siguen.

Para su cálculo se tiene en cuenta si la cantidad de los datos son impares e pares y estos se ordenan en forma ascendente. En el caso que los datos sean impares, la mediana corresponde al punto medio de los valores, por el contrario si son pares, la mediana corresponde al promedio de los dos números de en medio.

(c) La moda

La moda de datos es el valor que aparece como la mayor frecuencia, es decir el valor más repetitivo de un conjunto de observaciones.

Para conocer como es la distribución de los datos de corte para el ensayo con cinco rollos se calcula a continuación las unidades de tendencia central, según los datos reportados en las Tablas No. 13 para cuchillas circulares y Tabla No. 14 para cuchillas transversales:

Tabla No. 13 Datos de los valores críticos de corte de las siete cuchillas circulares

Datos de los valores críticos promedio corte (mm)							
3,1	3,0	3,1	3,1	3,0	3,0	3,1	3,0
3,1	3,2	3,1	3,1	3,4	3,3	3,3	3,3
2,8	3,2	3,0	3,0	3,1	3,4	3,4	3,3
3,0	3,1	3,3	3,1	3,1	3,3	3,2	3,2
3,2	3,2	3,3	3,2	3,2	3,5	3,3	3,3
3,4	3,3	3,3	3,3	3,2	3,4	3,3	3,3
2,8	3,1	3,0	3,0	3,2	3,4	3,3	3,3
3,1	3,2	3,0	3,1	3,3	3,4	3,4	3,4
3,0	3,1	3,1	3,1	3,5	3,4	3,2	3,4
3,2	3,3	3,1	3,2	3,5	3,3	3,4	3,4
3,2	3,3	3,2	3,2	3,6	3,4	3,3	3,4
3,0	3,3	3,0	3,1	3,4	3,3	3,6	3,4
3,0	3,3	3,2	3,2	3,5	3,5	3,3	3,5

$$\text{Media} = \bar{X} = \frac{335,8}{104} = 3,2 \text{ mm}$$

$$\text{Mediana} = 3,2 \text{ mm}$$

$$\text{Moda} = 3,3 \text{ mm}$$

Tabla No.14 Datos de los valores críticos de corte de las cuchillas transversales

Datos de los valores críticos promedio corte (mm)					
3,5	3,5	3,5	3,2	3,4	3,4
3,3	3,6	3,5	3,5	3,4	3,7
3,5	3,3	3,4	3,5	3,3	3,5
3,5	3,6	3,5	3,5	3,7	3,6
3,3	3,7	3,4	3,5	3,7	3,6
3,6	3,5	3,6	3,5	3,5	3,5
3,0	3,5	3,3	3,5	3,5	3,6
3,6	3,6	3,4	3,5	3,5	3,6
3,7	3,5	3,4	4,0	3,6	3,5
3,5	3,5	3,5	4,2	3,6	3,7
3,6	3,5	3,5	4,5	3,5	3,5
3,6	3,4	3,5	3,7	3,6	4,2
3,5	3,5	3,5	4,0	3,7	3,6

$$\text{Media} = \bar{X} = \frac{277}{78} = 3,6 \text{ mm}$$

$$\text{Mediana} = 3,5 \text{ mm}$$

$$\text{Moda} = 3,5 \text{ mm}$$

6.1.10.2 Distribución de Frecuencia de los valores de corte

Los histogramas son gráficos que muestran la distribución de frecuencia es decir la variación de los datos observados. Estos sirven para determinar donde ocurre la

cantidad más grande de variación en el proceso y si los valores cumplen con las especificaciones.

Para el estudio de los cortes con cuchillas circulares y transversales, se analiza a continuación los datos de los valores críticos y posteriormente su histograma correspondiente.

❖ Cuchillas Circulares

Tabla No. 15 Distribución de Frecuencia de los valores de corte con cuchillas circulares.

Intervalo de clase	Punto medio de clase	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada Relativa
2,8 - 2,9	2,85	2	2	3%
2,9 - 3,0	2,95	11	13	14%
3,0 - 3,1	3,05	13	26	17%
3,1 - 3,2	3,15	14	40	18%
3,2 - 3,3	3,25	19	59	24%
3,3 - 3,4	3,35	12	71	15%
3,4 - 3,5	3,45	5	76	6%
3,5 - 3,6	3,55	2	78	3%
Total		78		100%

Según la tabla anterior los valores de corte para cuchillas circulares con cinco rollos se encuentran bajo una distribución normal. El 24% de los valores de corte se encuentra entre 3,2 mm y 3,3 mm.

Cálculo del histograma

Para el cálculo del histograma se emplea la regla de Swart, determinando el rango y el número de clases correspondiente

$$\text{Rango} = \text{Max} - \text{Min} = 3,6 - 2,8 = 0,8$$

$$\text{Intervalo de clase} = i = \frac{R}{1 + 3.322 \log n} = \frac{0.8}{1 + 3.322 \log (78)} = 0.11 \cong 0,1$$

$$\text{Número de clases} = N = \frac{R}{i} = \frac{0.8}{0.1} = 8$$

El número de clases es igual al número de barras a dibujar en el histograma.

❖ **Para cuchillas transversales:**

Cálculo del Histograma

$$\text{Rango} = \text{Max} - \text{Min} = 4,5 - 3,0 = 1,5$$

$$\text{Intervalo de clase} = i = \frac{R}{1 + 3.322 \log n} = \frac{1.5}{1 + 3.322 \log (78)} = 0.21 \cong 0,2$$

$$\text{Número de clases} = N = \frac{R}{i} = \frac{1.5}{0.2} = 7.5 \cong 8$$

Tabla No. 16 Distribución de Frecuencia de los valores de corte con cuchillas transversales.

Intervalo de clase	Punto medio de clase	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Acumulada Relativa
3,0 - 3,2	3,1	2	2	3%
3,2 - 3,4	3,3	13	15	17%
3,4 - 3,6	3,5	50	65	64%
3,6 - 3,8	3,7	8	73	10%
3,8 - 4,0	3,9	2	75	3%
4,0 - 4,2	4,1	2	77	3%
4,2 - 4,4	4,3	0	77	0%
4,4 - 4,6	4,5	1	78	1%
Total		78		100%

El 64% de los valores de corte de las cuchillas transversales se encuentran entre 3,4 y 3,6 mm.

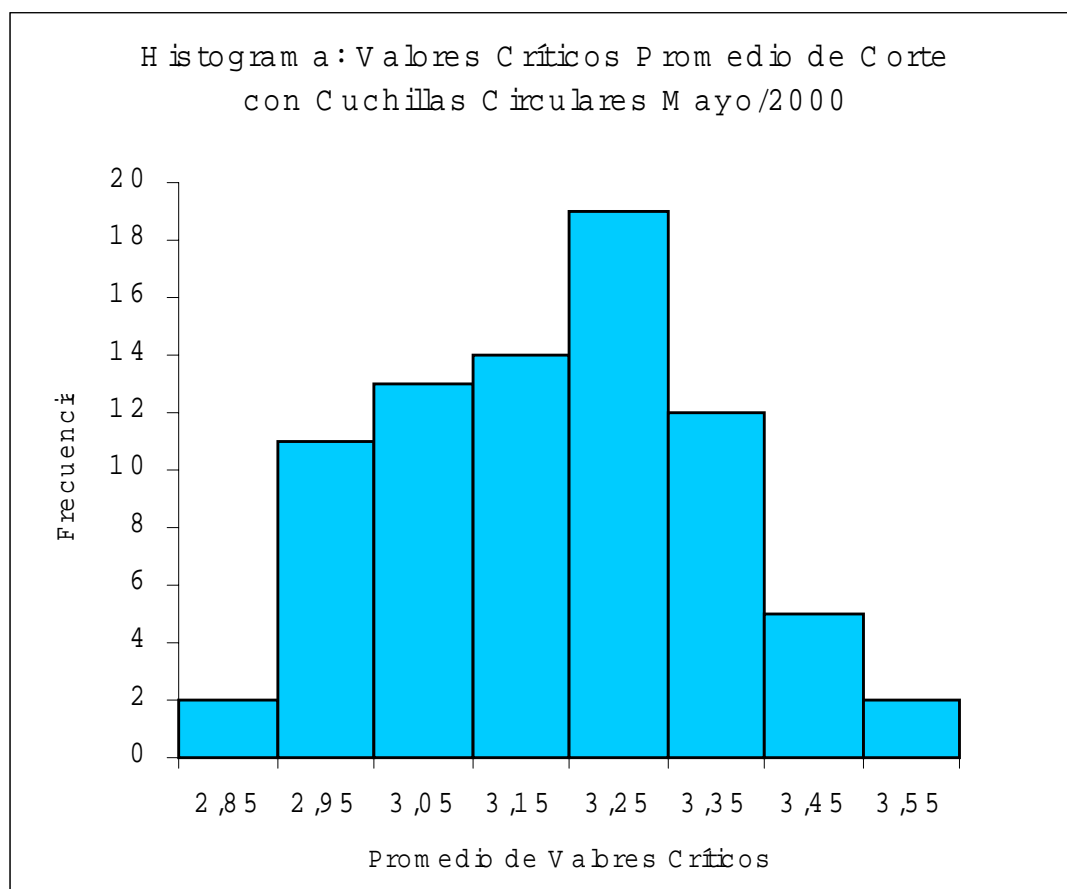


Gráfico No. 14 Histograma de los Valores Críticos de Corte de las Cuchillas Circulares.

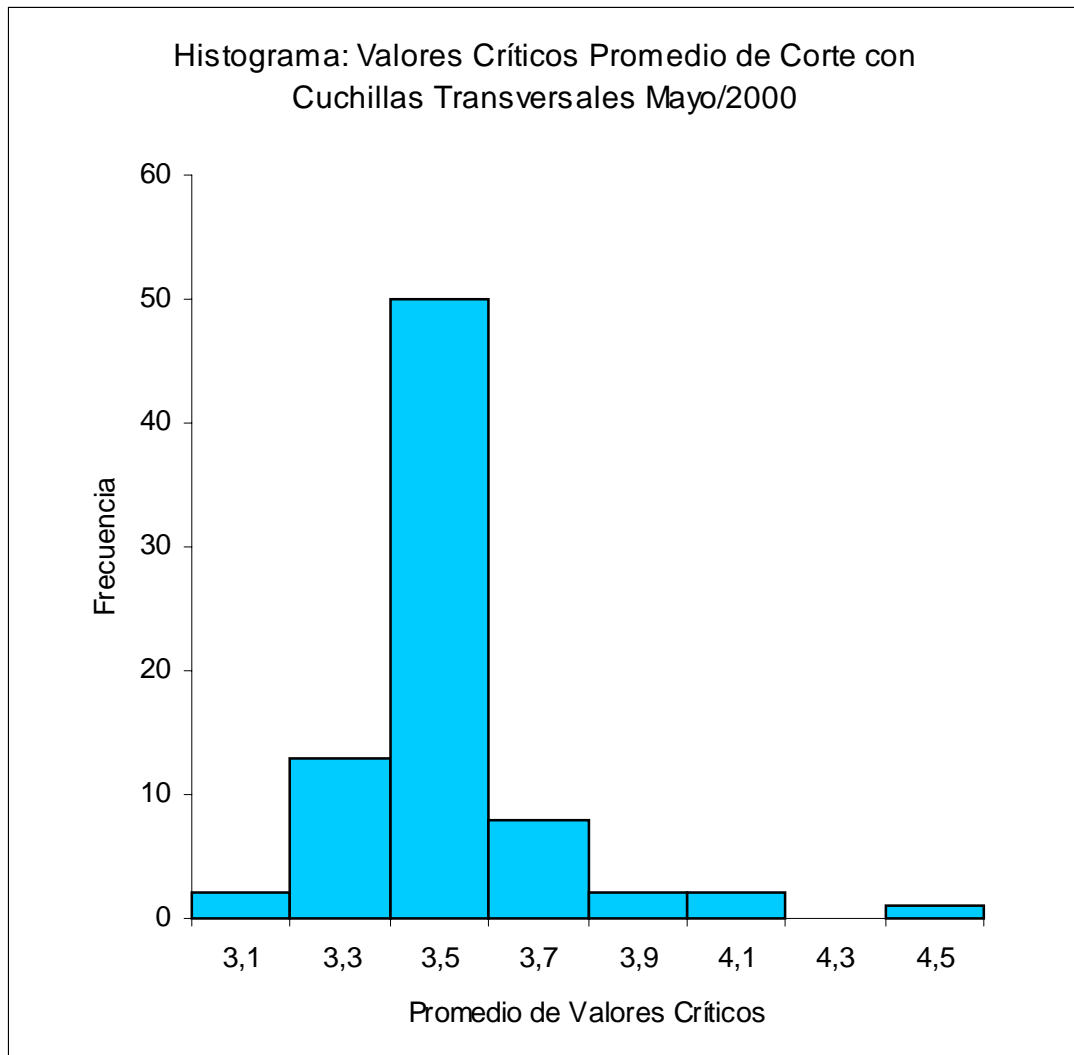


Gráfico No. 15 Histograma de los Valores Críticos de Corte de las Cuchillas Transversales.

De acuerdo con los resultados de las medidas de tendencia central y los histogramas que permiten ver la variabilidad del proceso, la operación de corte con cinco rollos se encuentra casi dentro de una distribución normal pues sus medias, medianas y modas se encuentran muy cercanas entre sí, lo que indica que el proceso arroja valores que corresponden a una campana de gauss.

El histograma de los valores de corte de las cuchillas circulares muestra la tendencia de una campana de gauss, correspondiente a un proceso bajo control, en cuanto a las cuchillas transversales se puede evidenciar que los valores son muy dispersos y que aún existe mucha variabilidad durante la operación de corte transversal.

6.1.11 Capacidad del proceso de corte.

Para conocer si el proceso de corte de resmillas cumple con las especificaciones de calidad, cuando a la máquina es alimentada con cinco rollos, se calcula la Capacidad del Proceso mediante índices C_p .

6.1.11.1 Proceso de Corte con Cuatro Rollos

Las condiciones del corte con cuatro rollos son las siguientes:

- ❖ El material de las cuchillas transversales son de Acero Rápido, las cuchillas circulares de tungsteno y los anillos o cuchillas inferiores de cerámica.
- ❖ La profundidad de las cuchillas circulares superiores con los anillos es de aproximadamente un 1 mm.
- ❖ El ángulo de las cuchillas circulares es de aproximadamente de 0.5° .
- ❖ La velocidad de la máquina en el arranque con cuatro rollos y durante todo el proceso de corte de resmas es de 250 a 300 m / min.

Dentro del proceso de corte para cuatro rollos, se establecieron unos límites de tolerancia que determinan la calidad en el corte, estos son:

Límite Específico Superior	=	3.0 mm
Promedio	=	2.5 mm
Límite Específico Inferior	=	1.0 mm

Según los datos de la Tabla No.3 (Valores de corte), el cálculo de la capacidad del proceso e índice de la capacidad del proceso para cuatro rollos con cuchillas circulares, es el siguiente:

$$\Sigma s = 1,6263 \qquad \bar{s} = \frac{\sum s}{n} = \frac{1.6263}{12} = 0.1355$$

Donde, Σs = Sumatoria de la desviación estándar de los valores de corte

\bar{s} = Promedio de la desviación estándar.

$\sigma_o = \frac{s}{C_4}$, donde C_4 = Factor para línea central para un subgrupo de tamaño 2.

$$\sigma_o = \frac{0.1355}{0.7979} = 0.1698$$

$$\text{Capacidad del Proceso} = 6\sigma_o = 6 \cdot 0.1635 = 1.0188$$

$$\text{Índice de la Capacidad del Proceso, } C_p = \frac{LES - LEI}{6\sigma_o} = \frac{3.0 - 1.0}{1.0188} = 1.96$$

Para el proceso de corte transversal:

$$\Sigma s = 2.2627 \qquad \bar{s} = \frac{\sum s}{n} = \frac{2.2627}{12} = 0.1886$$

$$\sigma_0 = \frac{0.1886}{0.7979} = 0.2364$$

$$\text{Capacidad del Proceso} = 6\sigma_0 = 6 \cdot 0.2364 = 1.4184$$

$$\text{Índice de la Capacidad del Proceso, } C_p = \frac{3.0 - 1.0}{6\sigma_0} = \frac{2.0}{1.4184} = 1.41$$

Para Febrero, igualmente se realiza la capacidad del proceso y se obtienen los resultados que se muestran a continuación:

Tabla No. 17 Capacidad del Proceso con cuatro rollos

	Enero		Febrero	
	C.Circular	C. Transversal	C.Circular	C. Transversal
\bar{s}	0,1355	0,1886	0,1414	0,1933
C_p	1,96	1,41	1,88	1,37
6σ	1,02	1,42	1,06	1,45

El proceso de corte de resmas con cuatro rollos, muestra un estado de control, pues su capacidad de proceso demuestra que cumple con las especificaciones de calidad, debido a que C_p es mayor que $1,33^2$, para los dos ensayos, es decir que los valores de corte de los bordes de las hojas de las resmas están dentro de los límites específicos establecidos y por lo tanto cumple con la calidad exigida.

¹BESTERFIELD, Dale h. Control de Calidad. México. 4ª. Edición. Mc. Graw-Hill Apéndice Tabla B.

6.1.11.2 Proceso de corte con cinco rollos

Cuando se realiza el primer ensayo para aumentar la capacidad de producción, los valores de corte medidos aumentan y el desgaste de las cuchillas se hace evidente (Ver Gráfico 8 y 9) pues su tiempo de duración se acorta y el cambio de cuchillas se hace repetitivo.

Con motivo de esto y teniendo de ante mano los valores de corte se toma la decisión, con autorización previa del jefe de producción, de elevar los límites específicos para cumplir con la demanda de la producción, pero tratando de controlar y ajustar los nuevos límites específicos al proceso, mediante una reducción de las cargas del papel que ocasionan abrasión a las cuchillas. Para ello se realizaron tres ensayos entre los meses de Marzo, Abril y Mayo, donde hay un descenso paulatino del total de las cargas en Kg/ton de Carbonato de Calcio. (Ver Anexo No. 8).

Las nuevas especificaciones para el control del corte de resmas es el siguiente:

Límite Específico Superior = 3.5 mm

Promedio = 3.0 mm

Límite Específico Inferior = 2.5 mm

Según los datos reportados en las tablas para los ensayos 3, 4 y 5, la capacidad del proceso fue el siguiente:

Para el ensayo 3

Cuchillas circulares,

$$\Sigma s = 2.2012 \qquad \bar{s} = \frac{\sum s}{n} = \frac{2.2012}{14} = 0.1572$$

$$\sigma_o = \frac{0.1572}{0.8862} = 0.1774$$

$$\text{Capacidad del Proceso} = 6\sigma_o = 6 \cdot 0.1774 = 1.0643$$

$$\text{Índice de la Capacidad del Proceso, } C_p = \frac{3.5 - 2.5}{6\sigma_o} = \frac{1.0}{1.0643} = 0.9395$$

Cuchillas Transversales:

$$\Sigma s = 4.2765 \qquad \bar{s} = \frac{\sum s}{n} = \frac{4.2765}{22} = 0.1944$$

$$\sigma_o = \frac{0.1944}{0.8862} = 0.2194$$

$$\text{Capacidad del Proceso} = 6\sigma_0 = 6 \cdot 0.2194 = 1.3160$$

$$\text{Índice de la Capacidad del Proceso, } C_p = \frac{3.5 - 2.5}{6\sigma_0} = \frac{1.0}{1.360} = 0.912$$

Siguiendo este mismo procedimiento se calcula la capacidad del proceso para los otros dos ensayo, donde a continuación se detallan los resultados:

Tabla No. 18 Capacidad del Proceso con cinco rollos.

	Marzo		Abril		Mayo	
	C.Circular	C. Transversal	C.Circular	C. Transversal	C.Circular	C. Transversal
\bar{s}	0,1572	0,1944	0,1477	0,0983	0,1096	0,1402
C_p	0,94	0,91	1,00	1,50	1,35	1,05
6σ	1,0643	1,316	0,998	0,6658	0,7423	0,9495

El ensayo con cinco rollos para el mes de Marzo se obtuvo una capacidad de proceso menor que uno, esto nos indica que hubo una alteración en la variación del proceso debido a que en la máquina se produjo un ajuste interno para el proceso de corte con cinco rollos, manifestando que esta variación fuera mayor que la amplitud de la tolerancia. Es decir, se ocasionaron mayores dispersión en los valores de corte tanto con cuchillas circulares como transversales.

El proceso se fue ajustando para los demás ensayos por la obtención de un índice de capacidad mayor que uno, esto nos demuestra que el proceso si cumple con las especificaciones establecidas y que se obtienen productos bajo las consideraciones estipuladas de calidad.

7. LOGROS DEL PROYECTO

Del desarrollo de este proyecto se obtuvieron beneficios que van desde el incremento de la producción de la cortadora hasta la satisfacción del personal de conversión por el estudio y los avances realizados para el mejoramiento de corte de la Will.

Estos beneficios se ven reflejados tanto para el departamento de conversión por su aumento en la producción como para el lado de máquina por la disminución de cargas en el papel lo que le permite un ahorro económico grande para la empresa.

A pesar que se debió disminuir las cargas no se alteró la calidad del papel, por el contrario se obtuvo un producto menos abrasivo para las cuchillas permitiendo un mayor rendimiento en la producción de resmas.

El quinto rollo en la cortadora Will significó un incremento en la capacidad de producción de resmas de un 25%, pues si con cuatro rollos se producían 39 resmas por minuto, con cinco se producen 49 resmas por minuto.

7.1 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

7.1.2 Con cuatro rollos

❖ Enero

No. De días trabajados = 17 días

No. De turnos trabajados = 48 turnos

Donde de los 17 días se trabajaron 14 días los 3 turnos (que equivale a 48 turnos) y 3 días solo dos turnos (que equivale a 6 turnos) para un total de 48 turnos.

Toneladas producida: 1204 toneladas

Producción promedio = $1204 \text{ ton} / 48 \text{ turno} \times 3 \text{ turnos} / \text{día} = 75.25 \text{ ton} / \text{día}$

❖ Febrero

No. De días trabajados = 20 días

No. De turnos trabajados = 57 turnos

Donde de los 20 días se trabajaron 17 días los 3 turnos (que equivale a 51 turnos) y 3 días solo dos turnos (que equivale a 6 turnos) para un total de 57 turnos.

Toneladas producida: 1402 toneladas

Producción promedio = $1402 \text{ ton} / 57 \text{ turno} \times 3 \text{ turnos} / \text{día} = 73.79 \text{ ton} / \text{día}$

7.1.3 Con Cinco Rollos

❖ Marzo

No. De días trabajador = 15 días

No. De turnos trabajados = 43 turnos

Donde de los 15 días se trabajaron 13 días los 3 turnos (que equivale a 39 turnos) y 2 días solo dos turnos (que equivale a 4 turnos) para un total de 43 turnos.

Toneladas producida: 1142 toneladas

Producción promedio = $1142 \text{ ton} / 43 \text{ turno} \times 3 \text{ turnos} / \text{día} = 79.67 \text{ ton} / \text{día}$

❖ **Abril**

No. De días trabajador = 16 días

No. De turnos trabajados = 44 turnos

Donde de los 16 días se trabajaron 12 días los 3 turnos (que equivale a 36 turnos) y 4 días solo dos turnos (que equivale a 8 turnos) para un total de 44 turnos.

Toneladas producida: 1180 toneladas

Producción promedio = $1180 \text{ ton} / 44 \text{ turno} \times 3 \text{ turnos} / \text{día} = 80.45 \text{ ton} / \text{día}$

No. De días trabajador = 14 días

No. De turnos trabajados = 42 turnos

Se trabajaron los 14 días 3 turnos.

Toneladas producida: 1213 toneladas

Producción promedio = $1213 \text{ ton} / 42 \text{ turno} \times 3 \text{ turnos} / \text{día} = 86.6 \text{ ton} / \text{día}$

❖ Mayo

No. De días trabajador = 42 días

No. De turnos trabajados = 118 turnos

Donde de los 42 días se trabajaron 34 días los 3 turnos (que equivale a 102 turnos) y 8 días solo dos turnos (que equivale a 16 turnos) para un total de 118 turnos.

Toneladas producida: 3354 toneladas

Producción promedio = $3354 \text{ ton} / 118 \text{ turno} \times 3 \text{ turnos/día} = 85 \text{ ton / día}$

Con cinco rollos se tenía un promedio de corte de 74.52 toneladas / día, al montar el quinto rollo la producción promedio se mantuvo en 83 toneladas / día, lo que indica un incremento real de aproximadamente un 11,4 % en la producción de resmas.

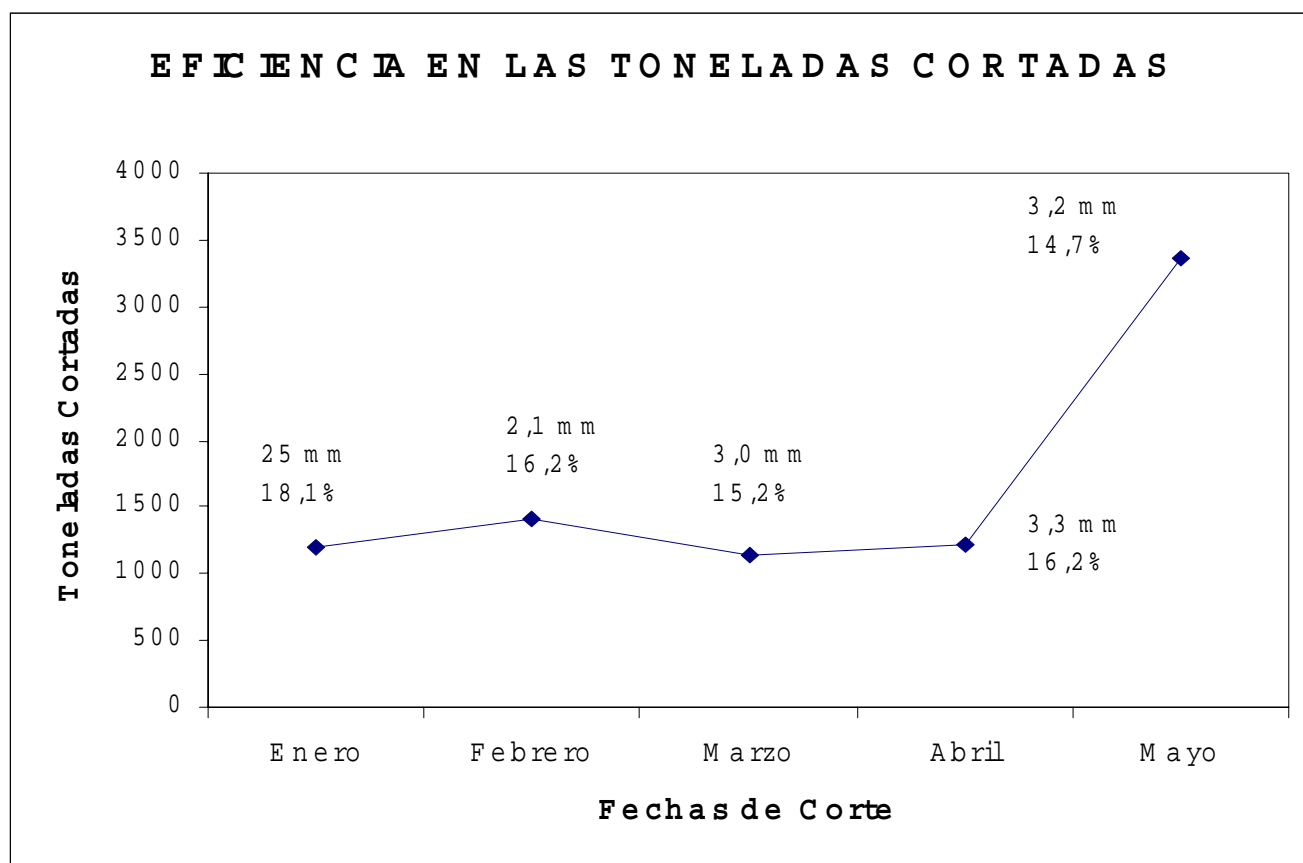
Durante el proceso de corte con cinco rollos se aumento los cambios de cuchillas circulares especialmente la cuchilla No.1 y No.7, que son las más afectadas por el roce continuo de los refiles que son extraídos por succión a un depósito. Sin embargo la producción con cinco rollos resultó un gran beneficio para el área de conversión pues el promedio de producción por día aumentó al respecto con cuatro rollos.

TABLA No. 19 Análisis del comportamiento de las cuchillas circulares con cuatro y cinco rollos.

Fecha de corte	Rollos Cortados	Duración del Corte	Toneladas Cortadas	Producción promedio ton / día	No. de Cuchillas Cambiadas	Frecuencia del cambio	Tiempo de duración cuchillas días	Toneladas cortadas por cambio de cuchilla	Capacidad de corte	Material Cuchillas
Del 12 al 31 de Enero	4	17 días	1204	75,25	Ninguna	0	17	1204	100%	Acero
Del 9 Feb al 2 Marzo	4	20 días	1402	73,79	Ninguna	0	20	1402	100%	Acero
Del 6 al 16 de Marzo	5	15 días	1142	79,67	No. 1	1	14	1029	90,1%	Tungsteno
Del 17 Marzo a 5 Abril					No. 1	1	15	1127	95,5%	Tungsteno
	5	16 días	1180	80,45	No. 2	1	15	1074	91,0%	
					No. 7	2	8d/ 6d	653/360,3	55.3%/30,5%	
Del 12 al 29 de Abril					No. 1	1	10	832	68,6%	Tungsteno
	5	14 días	1213	86,64	No. 2	2	10 d/3 d	832/172,2	55.3%/14,2%	
					No. 6	1	12 d	1030	84,9%	
					No. 7	1	12 d	1030	84,9%	
Del 29 al 14 de Junio	5	42 días	3354	85,3	No. 7	1	15 d	1099	32,8%	Tungsteno

Tabla No.10 Especificaciones técnicas del Papel

PROPIEDADES	UNIDAD	ESPECIFICACIONES		
		MAX	MIN	OBJ
CALIBRE	MM	0,105	0,100	0,103
PESO BASICO	g /m ²	77	73	75
OPACIDAD	%Tech	87	85	86
HUMEDAD	%	4,6	4,0	4,3
BROKE	Kg/ton	35	20	25
CARGAS (GCC + PCC)	Kg/ton	108	75	80
CENIZAS	%	20	15	12



Nota: El valor superior de cada punto corresponde al valor crítico promedio de corte circular para ese mes y el valor inferior al promedio del porcentaje de cenizas.

Gráfico No. 16 Eficiencia en toneladas procesadas

8. CONCLUSIONES

- Gracias a las técnicas estadísticas de control de calidad se pudo orientar el proyecto a una mejora en el sistema de corte de la Will, y poder incrementar la producción en casi un 12% con el montaje del quinto rollo en la cortadora; resultado significativo teniendo en cuenta que al alterar la composición del papel se obtuvo un producto menos abrasivo para las cuchillas, clara está que sin alejarse de las características del papel para fotocopidora.
- Bajar las cargas del papel en un 20.6% permitió llegar a una eficiencia mayor a 1000 toneladas procesadas en la cortadora Will, sin realizar cambio de cuchillas; resultado satisfactorio que se obtuvo para el último ensayo en que se cortaron 1099 toneladas antes del primer cambio de cuchillas para el caso de la cuchilla No.7, mientras que de las demás cuchillas se lograron cortar hasta 3354 toneladas pasando de un duración de corte de 18,5 días con cuatro rollos a 42 días con cinco rollos, mejorando el rendimiento en la producción.
- Mediante el análisis realizado se concluye que una de las mayores causas de la composición del papel que ocasionan problemas en la calidad en el corte son las

cargas constituidas por los carbonatos de calcio. Otras causas que indirectamente pueden provocar problemas de corte son el calibre, el peso básico o gramaje y la humedad.

- Para cuatros rollos en el mes de Enero se obtuvo un buen comportamiento del corte con una composición promedio en el papel de 26.3% de broke y con valores promedios totales de cargas de 100 Kg./ton.
- Se encontró que en el mes de Enero había un mayor porcentaje de cenizas de un 18.1 %, con respecto al resto de los demás meses como consecuencia de un elevado incremento en las cargas.
- El promedio de porcentaje de cenizas en el mes de Febrero tubo una disminución de un 10.3% y con promedios de cargas totales con menos consumo del 6% en comparación del mes de enero; con estas condiciones y cuchillas de acero se realizo un buen desempeño de corte con cuatro rollos.
- En el mes de marzo se encontró un calibre mas alto que los dos meses anteriores esto pudo suceder por que hubo una disminución en el porcentaje de cenizas, o a posibles condiciones en la máquina de papel. Las cargas promedio dado en este

mes bajaron su valor promedio a 86 Kg/ton de papel en comparación del mes de febrero. Fue importante este mes ya que se dio un menor consumo de cargas totales y se tuvo mejor comportamiento y duración de las cuchillas. En cuanto a las cuchillas se trabajo con material de tungsteno por lo tanto tuvieron un trabajo aceptable en el corte cambio de cuchillas.

- En cuanto a la composición ideal del papel para el corte de acuerdo a los resultados obtenidos, un consumo total de 85 Kg/ton de papel, y un porcentaje máximo de broke del 26%, con un rango de humedad en el papel de 4,0 a 4.3%, además tratar de sostener un gramaje máximo de 75.5 gr.
- El corte con cuchillas circulares es un proceso que arroja resultados centrados con poca variabilidad, sin embargo el corte transversal el cual determina el largo de la hoja de las resmas, sus valores de corte son muy dispersos. Esto quizás es debido a son dos procesos de corte diferentes mientras uno es de cizalla corte circular o longitudinal con discos y anillos, el otro es un corte tipo tijera con un sistema de dos cilindros o tambores que rotan a medida que gira la hoja, es por ello que se hace más difícil el corte.

9. RECOMENDACIONES

- Conservar la composición del papel con un total de carga de carbonatos de calcio, no mayor de 80 Kg/ton de papel, para mantener un papel menos abrasivo para las cuchillas. Con respecto a las demás variables que pueden incidir en la calidad de corte; está el calibre que según los datos observados podría estar entre 0.102 y 0.103 micras y el gramaje de 75.5 g.
- Indispensable preservar la maduración de los rollos de papel antes de ser llevados a la cortadora con un rango mínimo de 2 a 3 días, ya que dentro del proceso de fabricación, el papel adquiere fuerzas estáticas adquiridas por el movimiento mecánico en el transporte sobre los rodillos de secado y sale caliente por la fricción y secado en la maquina, con estas características el papel da una apariencia rígida y falta de humedad, por lo cual se debe atemperar en el medio ambiente para bajarle estas fuerzas estáticas y que también baje la temperatura para tener unas condiciones adecuadas en el corte.

- Adecuar un plan de mantenimiento preventivo al equipo de medidores de perfiles, e igualmente verificar antes de cada medida las optimas condiciones del equipo en cuanto a limpieza y luminosidad para garantizar buenas lecturas.

- Cuando se este midiendo el corte, si un borde de una hoja correspondiente a un bolsillo se encuentra con un corte alto debido a posibles fibras que no se cortaron sino que se desprendieron, se recomienda iniciar un plan de muestreo repetitivo con el objeto de verificar la reproducibilidad de la medida.

- Se recomienda cambiar la fuente de luz, en el equipo de medición de perfiles, para brindar una mejor lectura.

- Tratar de unificar los criterios de medición del corte en todas los turnos de producción para obtener unos datos muy similares de cada turno y así quedar de acuerdo en las tomas de decisión para el cambio de cuchillas.

- Realizar ensayos con materiales de cuchillas más resistentes a la abrasión que los ya existentes, con el fin de reducir el desgaste. Los aceros con altos recubrimientos de cromo o vanadio son progresivamente más resistentes a la abrasión sin descartar los de tungsteno que para los ensayos realizados en el proyecto resultaron ser bastantes resistentes a la abrasión.

BIBLIOGRAFIA

BESTERFIELD, Dale H, Control de Calidad. México, Prentice-Hall, 1994

CARDONA, James. Sistema MDCC, Conversión Identificación y despachos. Productora de Papeles S.A. Propal. Departamento de Terminados, 1989, p. 32

GOMEZ, Saavedra Eduardo, El control total de la calidad, Bogotá D.C. Colombia, 1991
p.32 Editorial Ram.

ISHIKAWA, Kauro. Qué es el control total de la calidad. La modalidad japonesa.
Bogotá, Norma de 1992

Inducción Papelera, Cali, Productora de Papeles S.A. 1985 p120

MONSALVE, Mario. Corte, envoltura y empaque de resmillas. Cali, Productora de Papeles S.A. Ed. 1986 240p

NAVARRETE, Mariño Hernando. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, INCONTEC, 1986, p 67.

OBANDO, Julio E., Productora de Papeles S.A. División Comercial, Manual Técnico para la comercialización de papel, 1984.

PAEZ, Alvaro. Manual de conceptos básicos de propiedades físicas del papel y grados de papel producidos en Propal. Comité de Calidad, Dpto. de Máquinas y Terminados. Ed. 1994.

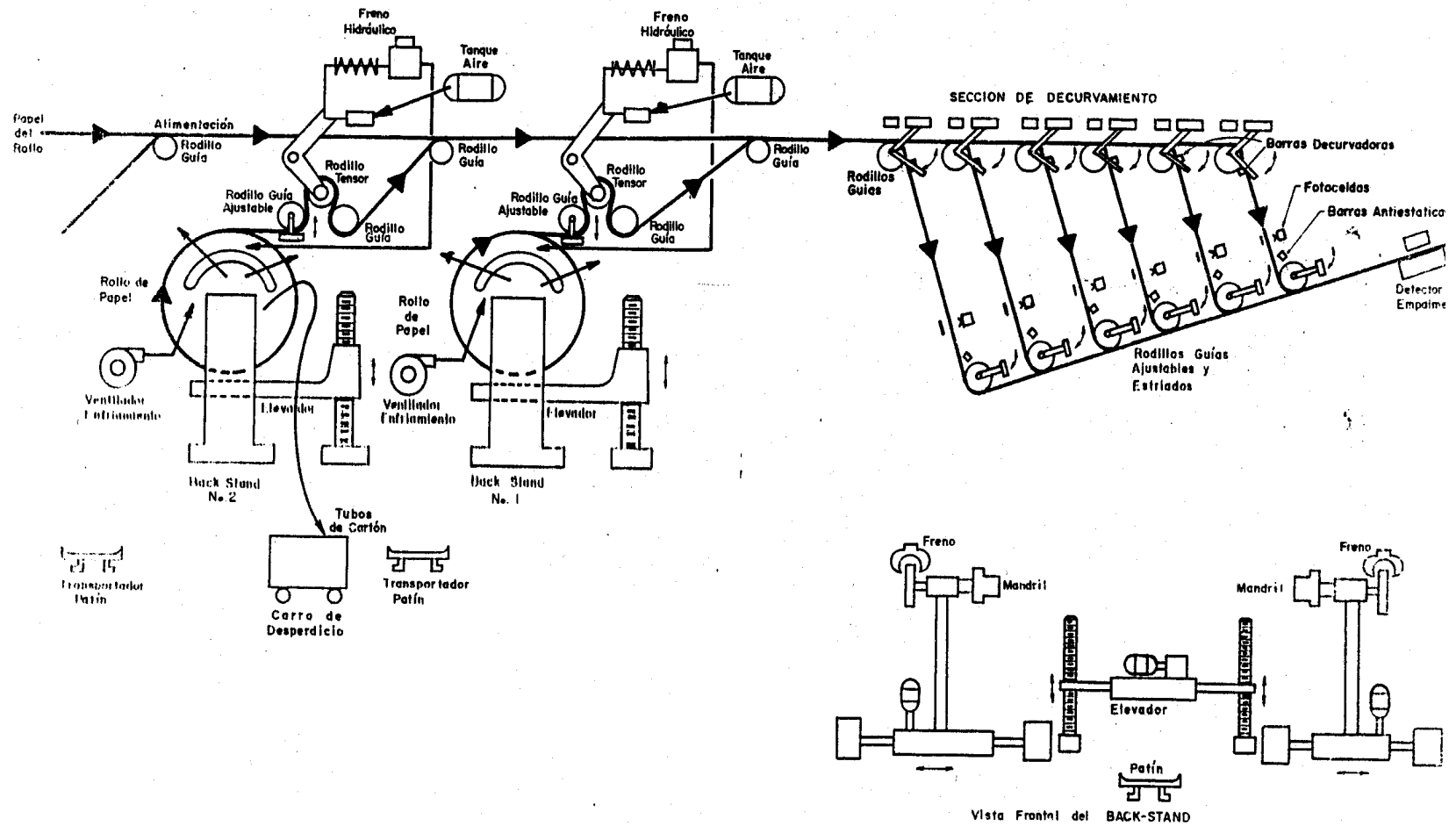
PULIDO, Gutiérrez Humberto. Calidad Total y Productividad, México Editorial McGraw-Hill, 1996

Propal, papel y vida. Cali, Productora de Papeles S.A. Ed. 1994 p. 57.

TAPPY PRESS. Métodos Test Tappy, Georgia (Atlanta), Tappy Pres. 1997

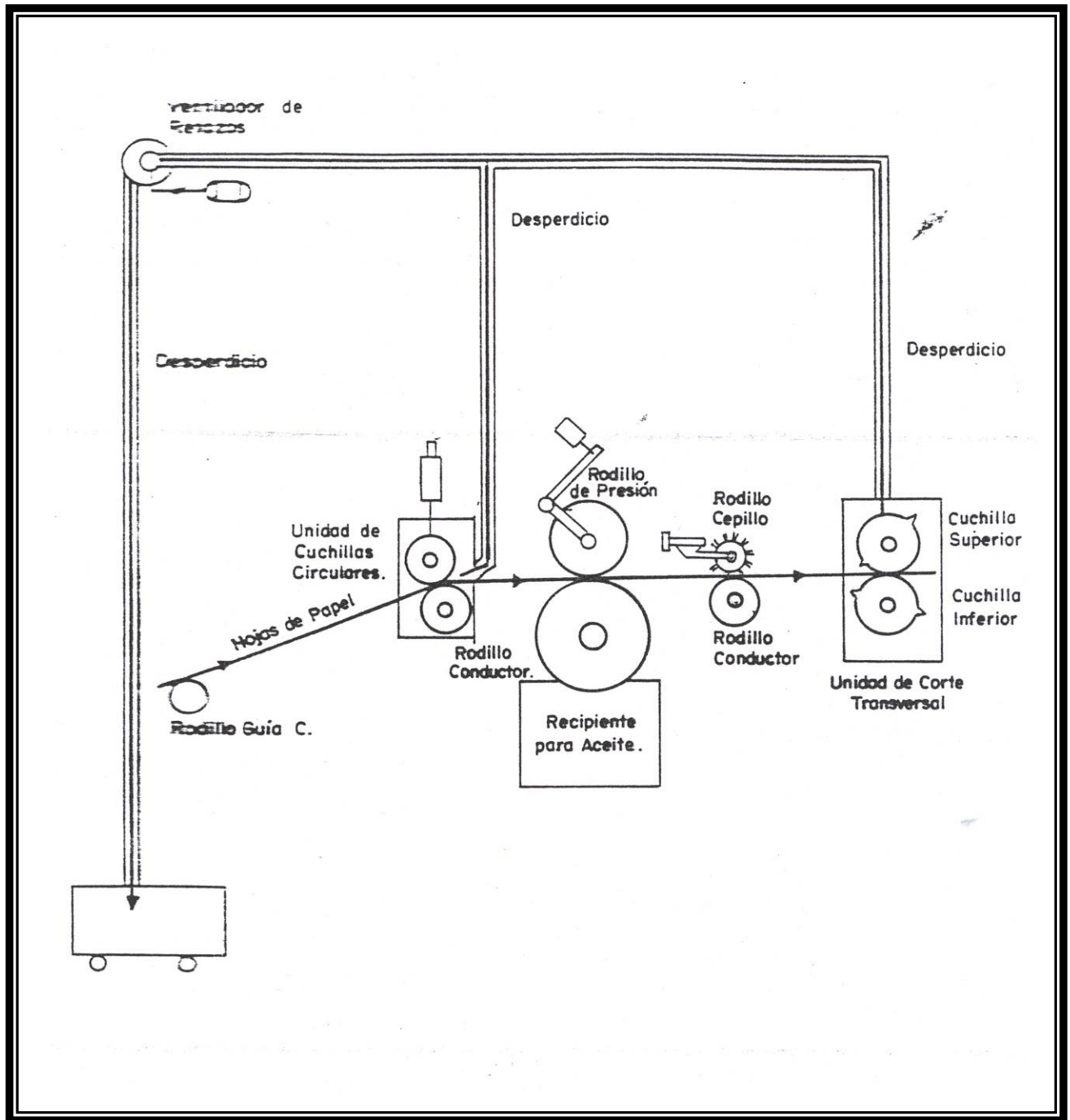
ANEXOS

Anexo No. 1 Diagrama de Desenrollado y Alimentación de la Will



2A Diagrama de Flujos Subfase Desenrollado v Alimentación

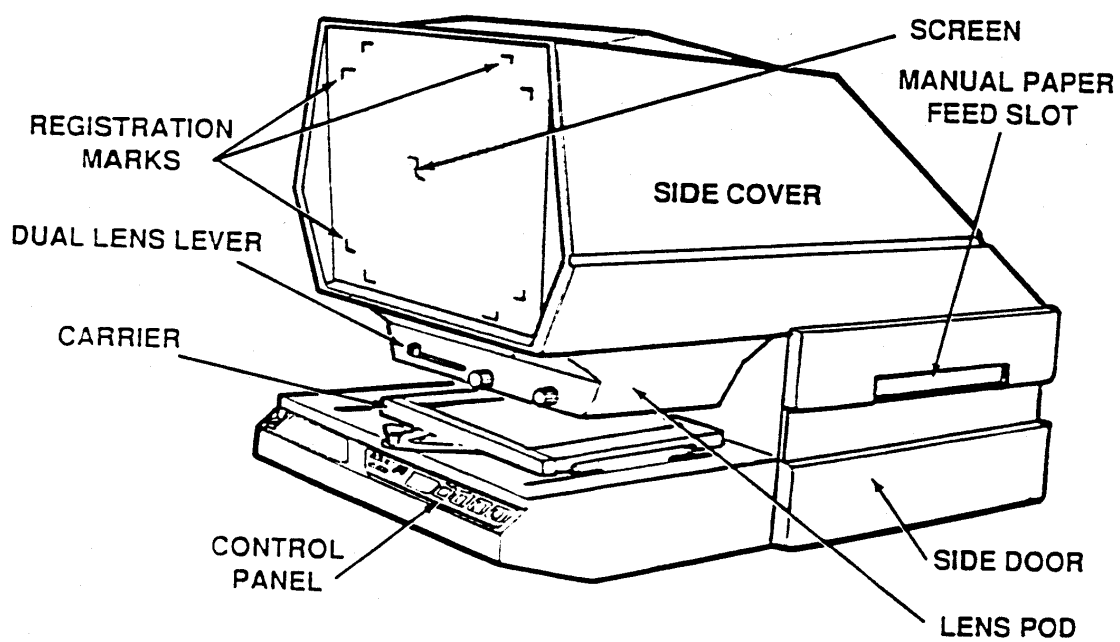
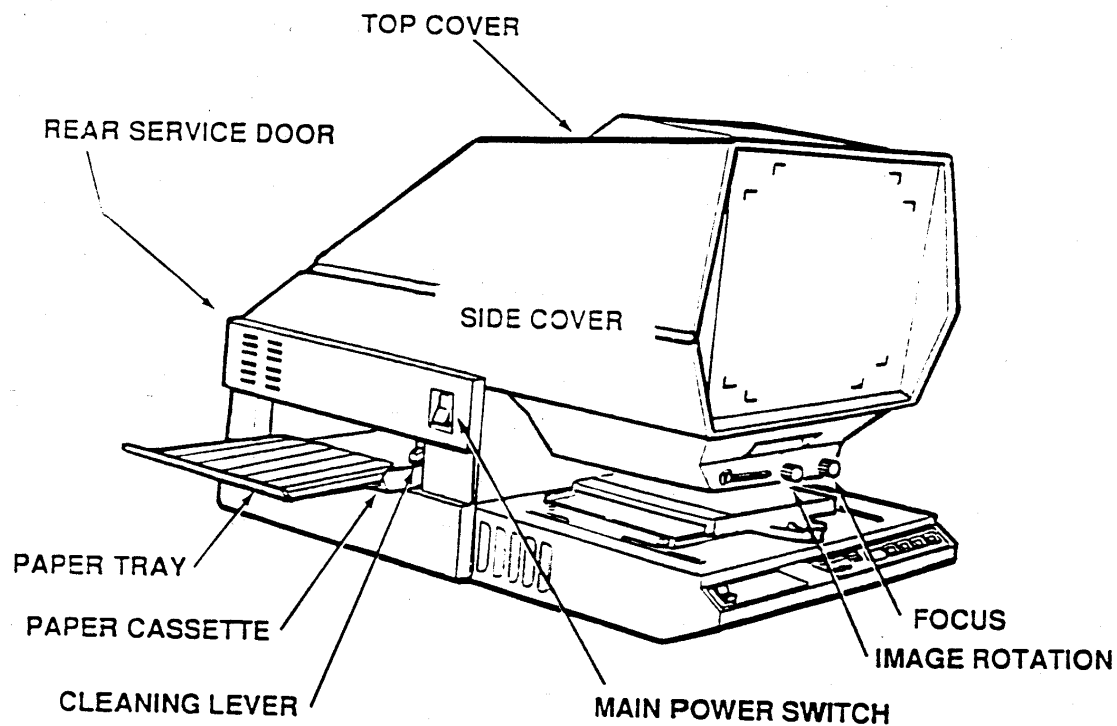
Anexo No. 2 Diagrama de Flujo de Corte



Anexo No. 3 Equipo de Medidor de Perfiles de Corte

CONTROLS AND FEATURES

192



Anexo No.4 Formato Existente de Factores de Corte.

FACTORES DE CORTE DE LA WILL

1.0 m m	
2.0 m m	
3.0 m m	
4,0 m m	
5,0 m m	
6.0 m m	
7.0 m m	
8.0 m m	

Anexo No. 5 Cartas de Control para cuchillas de la Cortadora Will

CARTAS DE CONTROL PARA CUCHILLAS
DE LA CORTADORA WILL
FORMATO PARA LA TOMA DE MEDIDAS

TURNO _____

FECHA _____

	LADO			
POCKET	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				

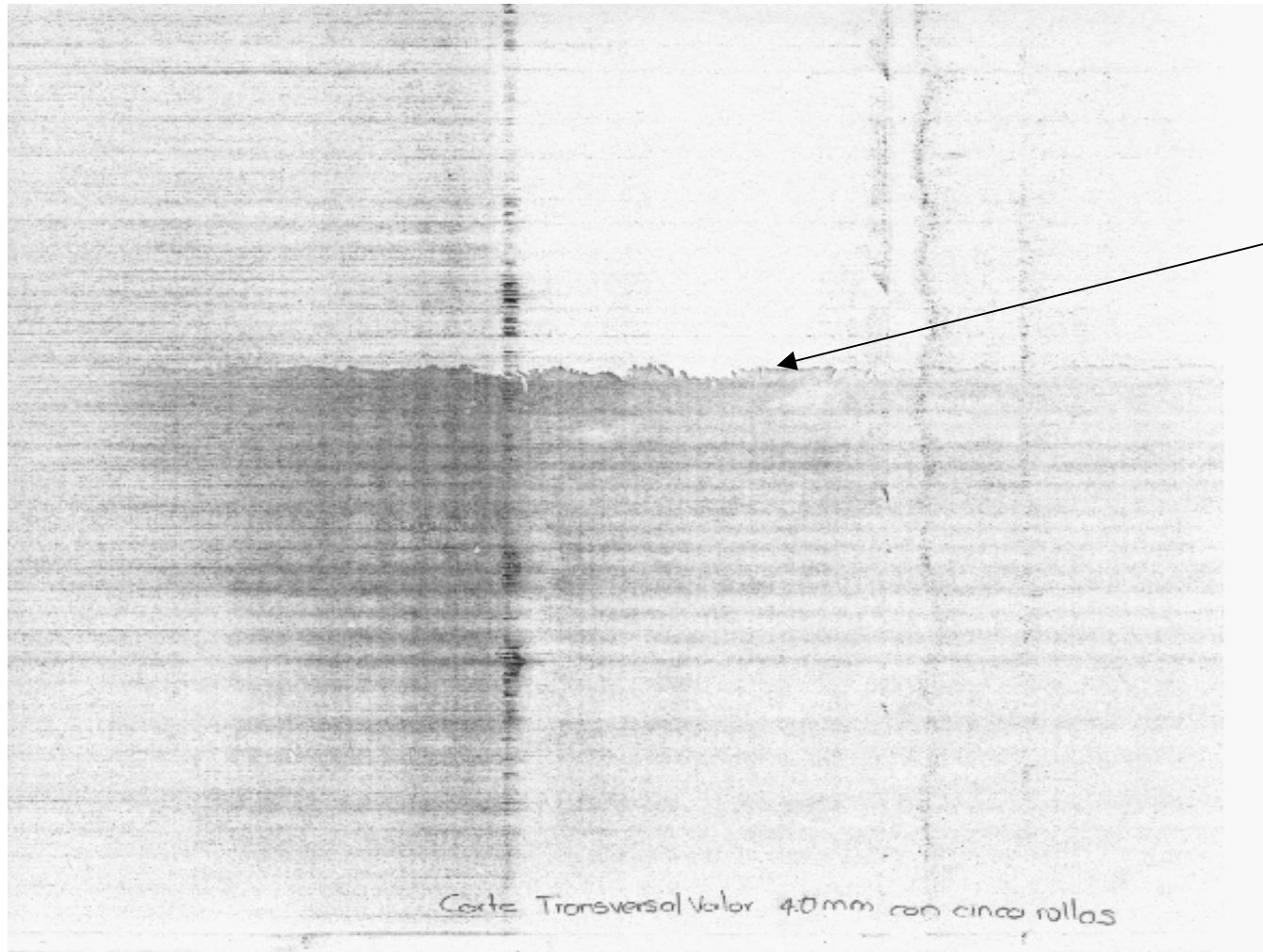
OBSERVACIONES:

Anexo No. 6 Formato Modificado de Factores de Corte

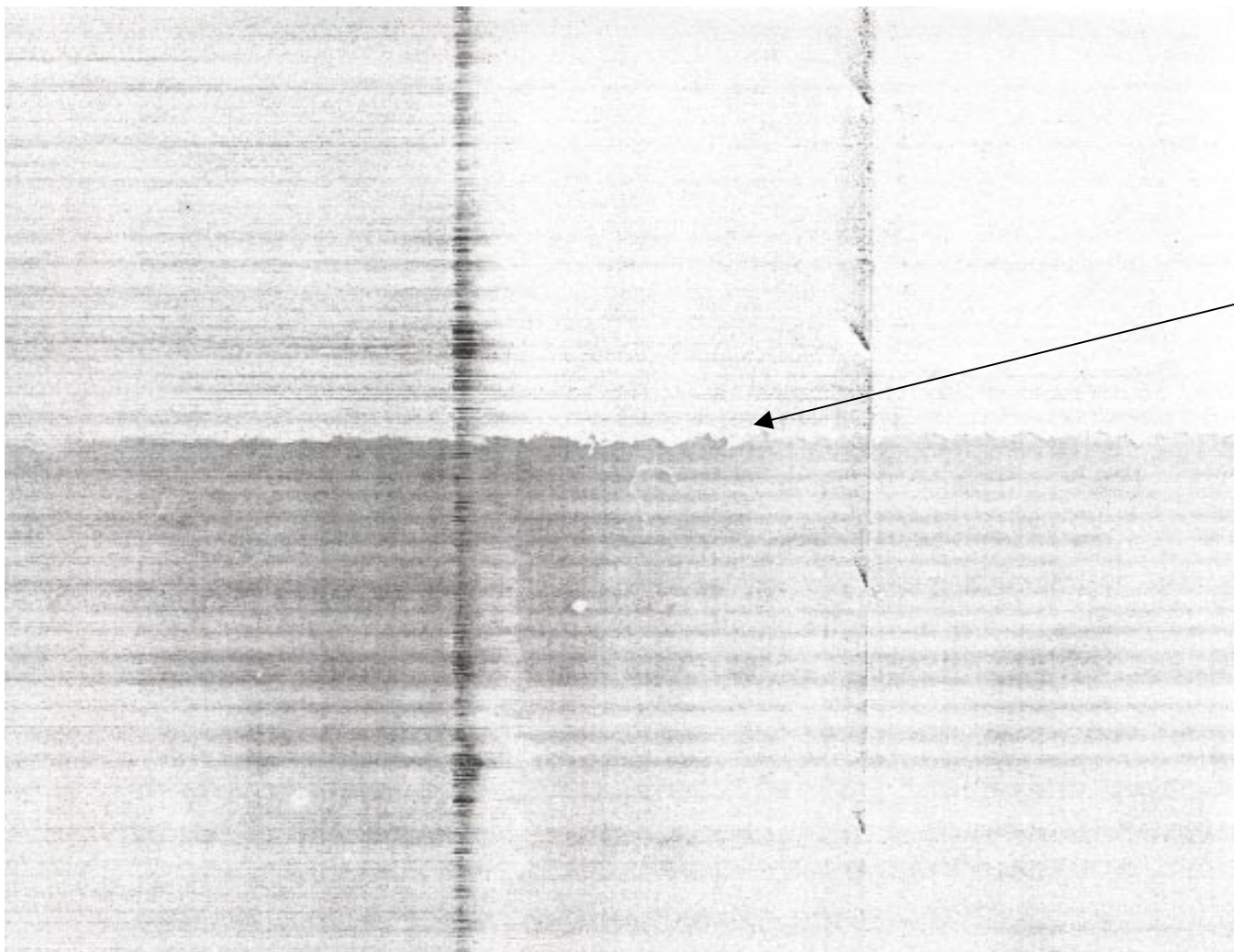
FACTORES DE CORTE DE LA W ILL

1 .0 m m	
1 .3 m m	
1 .5 m m	
1 .7 m m	
2 .0 m m	
2 .3 m m	
2 .5 m m	
2 .7 m m	
3 .0 m m	
3 .3 m m	
3 .5 m m	
3 .7 m m	
4 ,0 m m	
4 .3 m m	
4 .5 m m	
4 .7 m m	
5 ,0 m m	

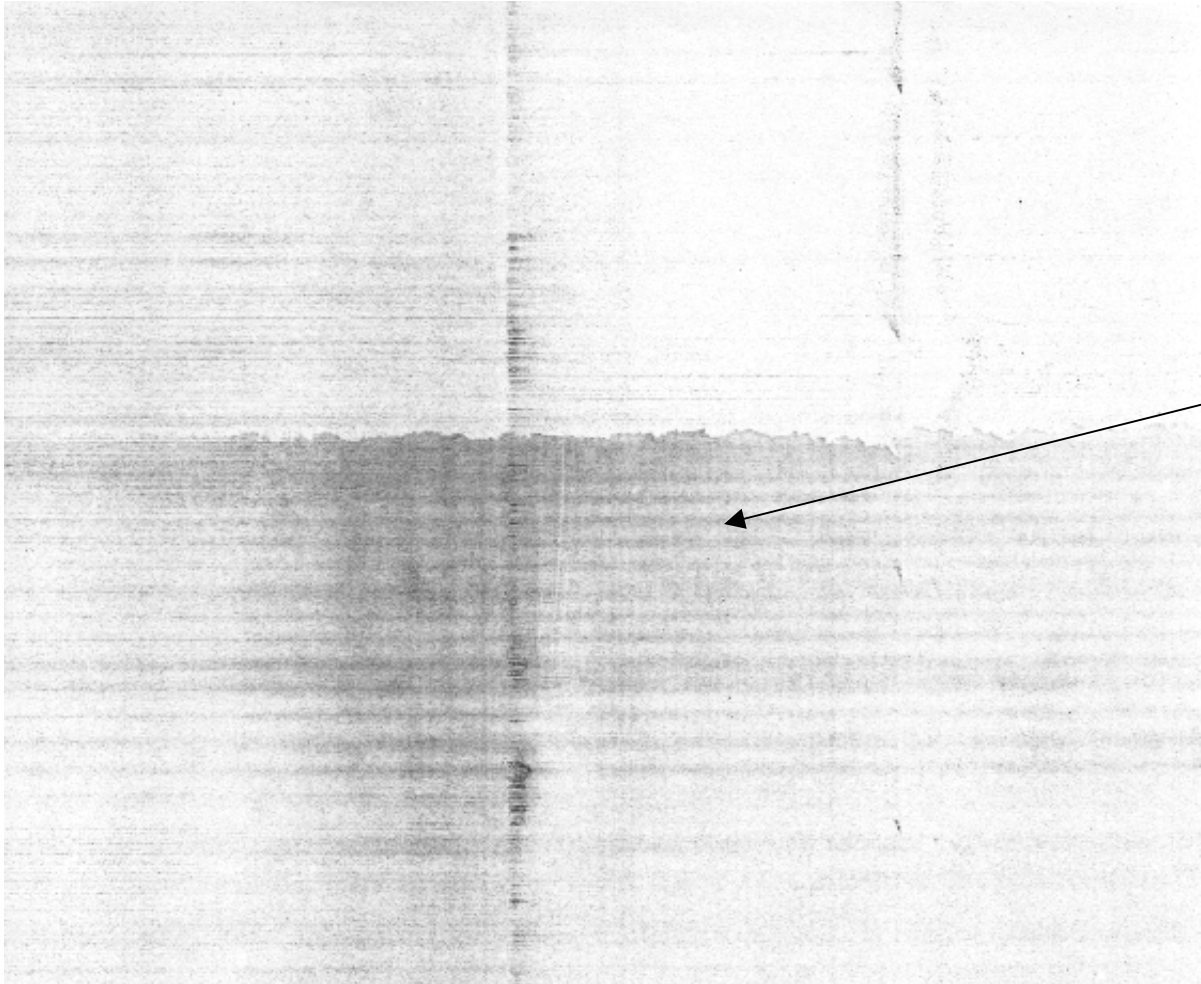
Anexo No. 7 Bordes del corte de las hojas para cuchillas circulares y transversales



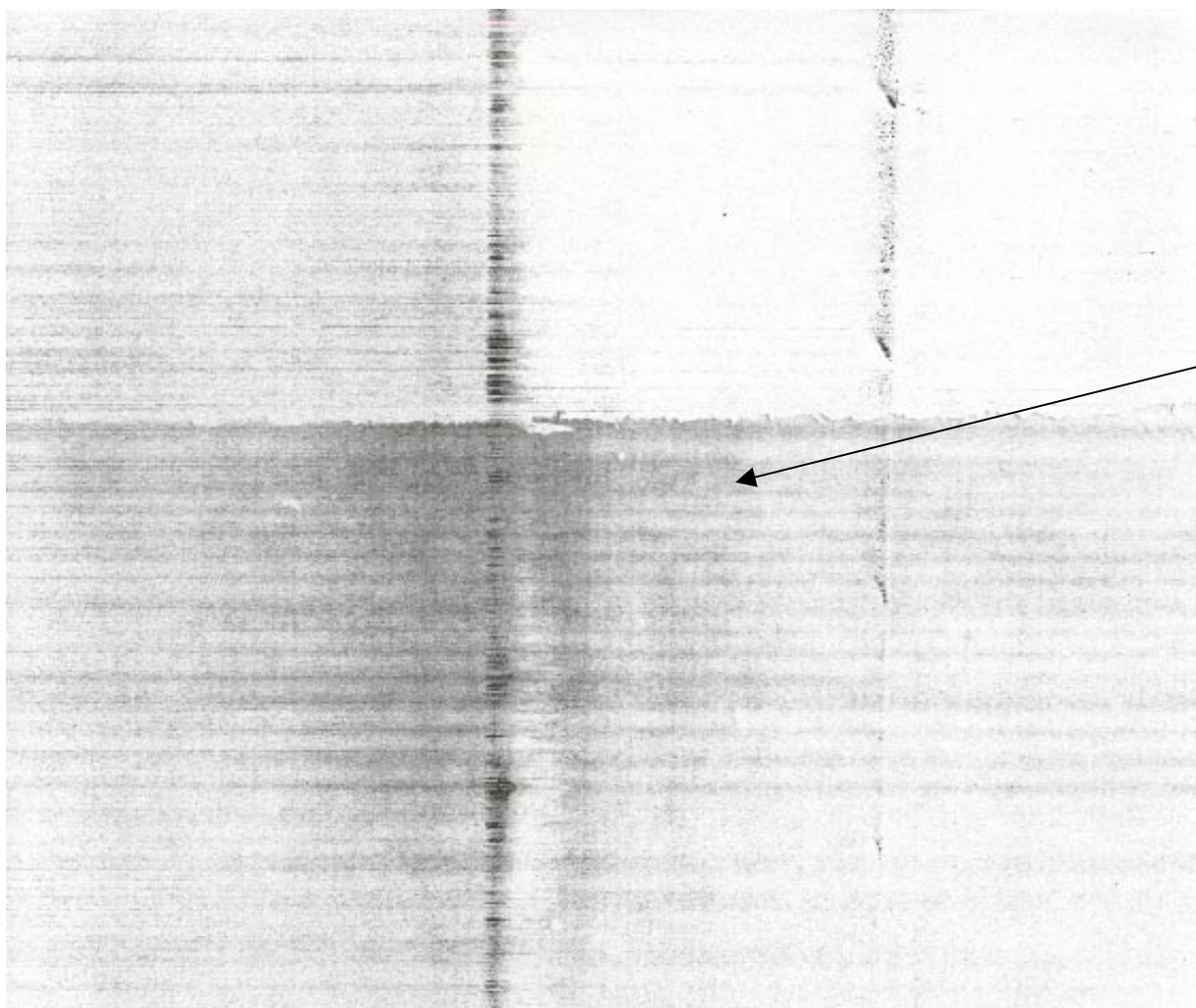
Borde de una hoja
con corte transversal
Valor Corte : 4.0 mm
Con cinco rollos



Borde de una hoja
con corte circular
Valor Corte : 3.5 mm
Con cinco rollos



Borde de una hoja
con corte transversal
Valor Corte : 3.5 mm
Con cuatro rollos



Borde de una hoja
con corte circular
Valor Corte : 3.0 mm
Con cuatro rollos

Anexo No. 8 Relación de la composición del papel y el corte

**TABLA No. 1 RELACIÓN ENTRE, COMPOSICIÓN QUÍMICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL
ENERO / 2000**

	Propiedad Química	Composición del papel		Propiedades Físicas			
Valor Corte Circular	% Cenizas	Total de Carga (Kg/Ton)	% Broke	Opacidad	% Humedad	Calibre (mm)	Peso Básico (g/m ²)
2,8	20,1	107	27,5	86,63	4,2	0,102	74,6
2,6	18,5	101	27,5	86,51	4,0	0,105	76,0
2,4	19,1	107	27,5	86,6	4,0	0,103	75,4
2,3	18,4	101	27,5	86,56	4,1	0,103	75,7
2,2	18,3	101	27,5	86,51	4,0	0,102	76,3
2,0	17,7	95	26,7	85,7	4,0	0,103	75,6
2,1	18,1	95	26,7	86,3	4,0	0,105	76,1
1,9	17,5	95	24,0	86,6	4,5	0,103	74,8
2,0	16,8	98	24,0	87,9	4,0	0,106	77,8
1,9	16,1	95	24,0	86,7	4,0	0,105	75,7
2,3	18,4	108	26,7	87,2	4,1	0,103	75,7

Promedio del mes

Total Cargas	100Kg/ton
% Broke	26.3%
% Cenizas	18.1
Opacidad	86.65

**TABLA No. 2 RELACIÓN ENTRE CORTE, COMPOSICIÓN QUÍMICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL
FEBRERO / 2000**

	Propiedad Química	Composición del papel		Propiedades Físicas			
Valor Corte Circular	% Cenizas	Total de Carga (Kg/Ton)	% Broke	Opacidad	% Humedad	Calibre (mm)	Peso Básico (g/m ²)
1,3	15,1	88	27,32	85,0	4,0	0,105	75,5
1,4	15,9	90	23,30	85,8	4,1	0,103	75,9
1,6	15,1	89	28,00	85,4	4,2	0,102	75,5
2,0	15,9	92	27,80	85,9	4,0	0,102	74,6
2,0	16,1	93	25,00	84,8	4,0	0,104	74,5
2,0	17,0	104	26,90	84,9	4,0	0,103	75,2
2,5	16,3	98	25,75	85,2	4,1	0,103	74,9
2,0	16,6	88	25,75	85,3	4,0	0,103	75,0
2,7	17,5	100	30,25	85,8	4,2	0,103	75,7
2,5	16,8	99	24,00	85,5	4,0	0,104	76,1
2,6	16,3	91	23,30	86,6	4,1	0,101	75,3

Promedio del mes

Total Cargas	94
%Broke	26.1%
%Cenizas	16.4
Opacidad	85.5

**TABLA No. 3 RELACIÓN ENTRE CORTE, COMPOSICIÓN QUÍMICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL
MARZO / 2000**

	Propiedad Química	Composición del papel		Propiedades Físicas			
Valor Corte Circular	% Cenizas	Total de Carga (Kg/Ton)	% Broke	Opacidad	% Humedad	Calibre (mm)	Peso Básico (g/m ²)
2,2	14,56	85,0	27,0	85,1	4,0	0,107	74,9
2,1	15,23	94,0	26,6	85,0	4,0	0,103	75,4
3,0	17,19	91,0	26,6	85,2	4,1	0,108	76,0
2,2	15,71	88,0	26,6	84,6	4,0	0,105	74,8
2,7	15,29	93,0	22,2	85,4	4,0	0,103	76,2
3,1	16,12	89,0	21,0	86,1	4,0	0,105	76,1
3,0	16,02	93,0	21,0	85,1	4,2	0,105	77,1
3,1	16,31	88,0	31,0	86,1	4,1	0,105	78,9
3,0	15,29	74,0	31,0	84,8	4,0	0,104	75,7
2,4	13,98	74,0	32,6	85,2	4,0	0,101	76,0
2,5	15,12	85,0	32,0	85,0	4,1	0,103	75,6
2,2	14,68	85,0	29,0	86,3	4,0	0,106	76,6
3,0	14,45	80,0	36,0	85,9	4,1	0,105	77,9
2,3	15,41	80,0	30,5	86,2	4,0	0,105	75,5
2,3	14,84	88,0	30,0	85,0	4,0	0,106	78,7
2,5	14,16	90,0	23,0	84,6	4,2	0,105	75,6
2,6	14,65	90,0	23,0	85,6	4,0	0,106	78,4
Promedio mes	15,24 %	86	27,6%	85,4			

**TABLA No. 4 RELACIÓN ENTRE CORTE, COMPOSICIÓN QUÍMICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL
ABRIL / 2000**

	Propiedad Química	Composición del papel		Propiedades Físicas			
Valor Corte Circular	% Cenizas	Total de Carga (Kg/Ton)	% Broke	Opacidad	% Humedad	Calibre (mm)	Peso Básico (g/m ²)
2,9	15,7	84,1	31,7	85,6	4,0	0,102	76,6
2,3	15,7	84,1	31,7	86,3	4,2	0,108	79,3
3,1	16,8	85,7	29,0	85,2	4,0	0,105	75,8
3,2	16,0	85,7	29,0	85,4	4,5	0,101	75,7
3,0	16,5	87,7	39,0	85,5	4,5	0,103	76,2
3,2	15,9	87,9	29,0	84,9	4,5	0,104	76,5
3,1	16,8	87,7	29,0	85,8	4,7	0,105	76,5
3,0	17,2	81,9	34,0	82,6	4,4	0,103	76,7
2,9	17,3	81,9	34,0	86,2	4,2	0,108	77,3
3,4	18,2	76,4	34,3	85,0	3,9	0,102	74,6
3,4	17,0	87,9	34,0	86,5	4,0	0,103	75,3
3,4	15,6	82,4	23,0	86,2	4,2	0,104	75,7
3,0	14,0	82,4	23,0	85,9	4,1	0,106	77,5
3,5	14,3	83,3	20,0	86,0	4,7	0,104	76,0

Promedio del mes

Total Cargas	84
%Broke	30.1%
%Cenizas	16.21
Opacidad	85.5

**TABLA No. 6 RELACIÓN ENTRE CORTE, COMPOSICIÓN QUÍMICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL
MAYO / 2000**

	Propiedad Química	Composición del papel		Propiedades Físicas			
Valor Corte Circular	% Cenizas	Total de Carga (Kg/Ton)	% Broke	Opacidad	% Humedad	Calibre (mm)	Peso Básico (g/m ²)
3,0	14,56	78,7	22,6	85,0	4,1	0,102	75,0
2,8	15,67	78,7	22,6	85,2	4,1	0,105	74,9
3,0	14,71	70,3	29,0	84,8	4,2	0,104	74,7
2,8	14,11	70,7	27,0	86,2	4,3	0,105	75,7
3,1	14,68	77,5	25,0	85,0	4,4	0,104	76,6
3,2	14,27	84,4	24,7	85,4	4,0	0,104	75,7
3,0	14,46	81,9	24,6	84,9	4,3	0,106	75,4
3,3	15,44	85,9	24,0	86,4	4,0	0,104	76,7
3,1	15,88	88,4	26,0	86,5	4,3	0,107	76,7
3,1	15,44	91,9	25,6	85,8	4,4	0,105	77,4
3,3	15,29	71,4	18,0	86,3	4,5	0,104	74,9
3,4	16,39	66,3	23,0	86,8	4,0	0,104	75,9
3,6	13,69	80,2	26,0	85,7	3,9	0,104	75,9
3,4	13,69	80,0	27,7	85,9	4,4	0,104	76,0
3,5	13,10	84,4	24,9	85,7	4,0	0,104	76,3

Promedio del mes

Total Cargas	79,4
%Broke	24,7%
%Cenizas	14,76
Opacidad	85,7

Anexo No. 14 Formatos de recolección de datos.

PAPEL FIBRAS DEL CAUCA S.A.

Seguimiento de la calidad del corte de la Máquina Will

Montaje de cinco rollos

Fecha: _____

Turno 1

Set No.1

[illegible][illegible]